ZUR HISTOGENESE DER MENINGOME BEI DER KATZE

Sabine Halm

Diss
München
1984

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544311_0019

Aus dem Institut für Tierpathologie
der Universität München
Lehrstuhl für Allgemeine Pathologie und Neuropathologie
Vorstand: Professor Dr. Erwin Dahme

Zur Histogenese der Meningome bei der Katze

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Sabine Halm
aus
Bremerhaven

München 1984

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan : Prof. Dr. W. Leidl

Referent : Prof. Dr. E. Dahme

Korreferent : Prof. Dr. I. Rüsse

Tag der Promotion: 27. Juli 1984

DISSERTATIONS - UND FOTODRUCK FRANK GmbH
8000 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2809090

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	EINLEITUNG	1
2.	EINLEITUNG ZUM ANATOMISCHEN TEIL	2
3.	ALLGEMEINE DARSTELLUNG DER MENINGEN	3
3.1	Harte Hirnhaut	5
3.2	Weiche Hirnhaut	6
4.	EINZELNE SCHICHTEN	8
4.1	Pachymeninx	8
4.1.1	Dura mater propria	8
4.1.2	Neurothel	9
4.1.3	Sogenannter Subduralraum	14
4.2	Leptomeninx	15
4.2.1	Arachnoidea	15
4.2.1.1	Äußere Arachnoidea	16
4.2.1.2	Arachnoidea des arachnoidalen Raumes	20
4.2.2	Pia mater	24
4.2.2.1	Äußere Pia	24
4.2.2.2	Pialer Raum	26
4.2.2.3	Innere Pia	26
4.2.2.4	Subpialer Raum	27
4.2.2.5	Lamina limitans gliae superficialis	27
5.	SPEZIALEINRICHTUNGEN DER MENINX	28
5.1	Arachnoidale Zotten und Pacchionische Granulationen	28
5.1.1	Allgemeine Betrachtung	28
5.1.2	Morphologie von Zotten und Granulationen	28

		Seite
5.1.3	Zotten und Granulationen bei Tieren	31
5.1.4	Entwicklung der Zotten und Granulationen	32
5.2	Tela chorioidea des III. Ventrikels	32
6.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN ZUR ANATOMIE DER KATZENMENINX	34
6.1	Material und Methodik	34
6.2	Ergebnisse	35
6.2.1	Lichtmikroskopische Befunde an Semidünnschnitten	35
6.2.2	Elektronenmikroskopische Befunde	36
6.2.2.1	Pachymeninx	36
6.2.2.2	Leptomeninx	37
7.	KURZER VERGLEICH DER KATZENMENINX MIT DER DES MENSCHEN UND ANDEREN TIERSPEZIES	42
8.	MENINGOME	44
8.1	Einleitung	44
8.2	Definition	44
8.3	Synonyme	44
9.	MENINGOME IN DER HUMANMEDIZINISCHEN LITERATUR	45
9.1	Kurzer geschichtlicher Überblick	45
9.2	Häufigkeit	45
9.3	Geschlechtsverhältnis	46
9.4	Altersverteilung	46
9.5	Causale Genese	47
9.6	Lokalisationen der Meningome	48
9.7	Makroskopisches Erscheinungsbild	52

		Seite
9.7.1	Gestalt	52
9.7.2	Größe	53
9.7.3	Farbe	54
9.7.4	Konsistenz	54
9.8	Verhaltensweisen der Meningome	54
9.8.1	Verhalten gegenüber den Meningen	54
9.8.2	Verhalten gegenüber dem ZNS-Gewebe	55
9.8.3	Verhalten gegenüber dem Schädelknochen	56
9.9	Mikroskopisches Erscheinungsbild - Klassifizierung	58
9.10	Zusammenspiel der Meningome mit anderen Hirntumoren	64
9.11	Elektronenmikroskopisches Erscheinungsbild der Meningome	65
9.11.1	Elektronenmikroskopische Befunde an meningotheliomatösen Meningomen	66
9.11.2	Besonderheiten fibröser Meningome	70
9.11.3	Zellverbindungen	72
9.11.4	Intranucleäre und intracytoplasmatische Einschlüsse	74
10.	MENINGOME BEI KATZEN IN DER LITERATUR	76
11.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN ZUM FELINEN SPONTANMENINGOM	82
11.1	Material und Methodik	82
11.1.1	Material	82
11.1.2	Methodik	82
11.2	Allgemeine Kasuistik	84
11.3	Spezielle Kasuistik	88
12.	DISKUSSION	138
13.	ZUSAMMENFASSUNG	151
	SUMMARY	153
14.	LITERATURVERZEICHNIS	155

1. Einleitung

Aufgabe der vorliegenden Arbeit war es, die schon über ein Jahrhundert währende Streitfrage nach der Histogenese der Meningome, die im Laufe der Zeit mit den verschiedensten Methoden zu klären versucht worden ist, erneut aufzugreifen. Die älteren Untersuchungen stützen sich dabei auf rein morphologische Befunde, während der modernen Pathologie durch Elektronenmikroskopie und Histochemie weitere Möglichkeiten eröffnet worden sind, die bis jetzt allerdings noch keine abschließende Klärung des Problems herbeiführen konnten.

Für die vorliegende Studie erschien die Katze vor allem deshalb als besonders geeignetes Untersuchungsobjekt, da sie die am häufigsten mit Meningomen behaftete Tierspezies ist. Insbesondere stellen Mikromeningome als mögliche Anfangsstadien nicht selten Zufallsbefunde bei der Hirnsektion von alten Katzen dar. Da die Literatur über feline Hirnhauttumoren hinsichtlich der histogenetischen Fragestellung wenig umfassend ist, soll im Hinblick auf die Gesamtproblematik als Vergleich die Situation beim Menschen herangezogen werden.

2. Einleitung zum anatomischen Teil

Vor der eigentlichen und detaillierten Darstellung der Meningome bei der Katze soll ein kurzer Überblick über die normalen anatomischen Verhältnisse der Hirnhäute gegeben werden. Diese Grundlage erscheint uns für das Verständnis der vielschichtigen Kontroversen um die Histogenese dieser Tumoren unerläßlich. Insbesondere sollen Aufbau und Schichtengliederung der Meningen den intravitalen Gegebenheiten entsprechend und unter Würdigung neuester elektronenmikroskopischer Befunde dargestellt werden. Den Ausgangspunkt hierfür stellen zahlreiche Arbeiten über die Anatomie der Hirnhäute bei Mensch, Labortieren und Haussäugetieren dar, die schließlich mit den wenigen Publikationen über die morphologischen Gegebenheiten bei der Katzenmeninx sowie mit eigenen Befunden verglichen werden sollen.

3. Allgemeine Darstellung der Meningen

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist, werden die Meningen zumeist mit der klassischen Gliederung in die harte Hirnhaut oder Pachymeninx bzw. Dura mater und in die weiche Hirnhaut oder Leptomeninx mit ihren beiden Bestandteilen der Arachnoidea und der Pia mater unterteilt. Harte und weiche Hirnhaut entwickeln sich aus der einheitlichen mesenchymalen Anlage der Meninx primitiva, die sich durch die Ausbildung eines Subduralraumes bzw. einer geschlossenen Mesothellage (ANDRES 1967a) in eine dichter strukturierte Ectomeninx und in eine lockere Endomeninx differenziert. Erstere setzt sich aus zwei Anteilen zusammen: dem Periost und der Dura mater. Die Endomeninx erfährt mit der Ausbildung eines arachnoidalen Raumes eine Trennung in die Arachnoidea, die wegen ihrer stark verzweigten, trabekulären Formationen auch "Spinnwebenhaut" genannt wird, und der Pia mater, die der äußeren glialen Grenzmembran des Zentralnervensystems unmittelbar aufliegt.

Diese grundlegende Untergliederung erfuhr erst kürzlich durch die Arbeit von KRISCH, LEONHARDT und OKSCHE (1983) über "The meningeal compartments of the median eminence and the cortex" eine Änderung. Diese Untersucher markierten die verschiedenen meningealen Kompartimente mittels Injektion von Meerrettichperoxidase (HRP) in unterschiedlichen Positionen, d.h. durch intravenöse, intraventrikuläre, intracerebrale und intrameningeale Applikation. Die so definierten Räume (subpial space, pial space und arachnoid space) ließen die innere, die mittlere und die äußere Lamelle entstehen, wobei die begrenzenden Schichten eines jeden Raumes zu einer "layer" gerechnet und damit strikte Zuordnungen zur Arachnoidea oder zur Pia mater aufgehoben wurden.

Tabelle 1: Gliederung der Meningen

MEHRZAHL der AUTOREN:

Dura mater	
	Subduralraum
Arachnoidea	
	Subarachnoidalraum
Pia mater	

MATSUMOTO (1975):

dural layer
meningothelial layer
arachnoid layer

KRISCH, LEONHARDT und OKSCHE (1983):

inner lamella	inner pial layer	subpial space
		pial space
intermedial lamella	outer pial layer	
	inner arachnoid layer	
	outer arachnoid layer	arachnoid space
outer lamella	neurothelium	
	inner dura layer	

Bei der folgenden allgemeinen Darstellung der Hirnhäute soll zunächst die klassische Gliederung beibehalten werden. Die Beschreibung der einzelnen meningealen Schichten erfährt eine Anpassung an die o.g. neuesten Erkenntnisse.

3.1 Harte Hirnhaut

Die Dura mater stellt die äußerste Hülle des zentralnervösen Systems dar. Sie besteht aus einer Lage straffen Bindegewebes, deren ausgeprägte extrazelluläre Komponente vornehmlich durch dicht gelagerte Kollagenfasern charakterisiert wird. In das Fasergeflecht, das auch einige elastische Fasern enthält, sind einzelne Fibrocyten bzw. Fibroblasten eingebettet. Insgesamt bietet die Dura mater durch ihren Faserreichtum einen umfassenden mechanischen Schutz für das Zentralorgan.

Entsprechend ihrer Lokalisation wird eine Dura mater cerebralis und eine Dura mater spinalis unterschieden. Die gravierendste Abweichung voneinander besteht in dem Fehlen bzw. dem Vorhandensein eines sog. Epiduralraumes. Im Bereiche des Craniums findet eine Verschmelzung der beiden aus der Ectomeninx hervorgehenden Bestandteile des Periosts und der Dura mater statt. Eine Trennung ist bei jungen Individuen leicht zu vollziehen, bei neugeborenen und bei alten ist die Verlötung jedoch so innig, daß eine Lösung nur mit stumpfer Präparationstechnik durchzuführen ist. Im Spinalbereich ist die Dura mater gegen das Periost des Wirbelkanals durch den sog. Epiduralraum getrennt, der mit Fett-, lockerem Bindegewebe, zahlreichen Lymphspalten und Venengeflechten angefüllt ist.

Die Dura mater des Gehirns bildet zwei senkrecht zuein-

anderstehende Falten, die Falx cerebri und das Tentorium cerebelli membranaceum. Erstere senkt sich in die Fissura longitudinalis cerebri zwischen beide Großhirnhemisphären ein, schließt sich hinten an das Tentorium cerebelli membranaceum an und verläuft entlang der Christa galli bis zur Schädelbasis. Die zweite Durafalte entspringt am Tentorium cerebelli osseum und befestigt sich schließlich an der Christa petrosa. Sie erstreckt sich damit in der Fissura transversalis cerebri und unterteilt das Cranium in eine große und eine kleine Schädelhöhle.

Sieht man von den Gehirnblutleitern, den "Sinus durae" ab, so ist die Dura mater relativ gefäßarm. Nach CLARA (1953) lassen sich entsprechend der zweiblättrigen Struktur der harten Hirnhaut vielerorts zwei Gefäßnetze unterscheiden: ein äußeres, das als Gefäßnetz des Periosts gleichzeitig auch die Schädelknochen versorgt und ein wesentlich zarteres inneres, das beim Menschen in Beziehung zu den Pacchionischen Granulationen stehen soll. LANG (1971) bestätigt zwei Gefäßnetze und beschreibt ein inneres und ein äußeres Kapillarsystem, die beide von den Aa. meningeae gespeist werden. Nach LEITMEIER (1980) verfügen die Außenschichten der Dura mater spinalis beim Hund über ein reich verzweigtes Gefäßnetz, während die Durainnenseite völlig gefäßfrei ist.

3.2 Weiche Hirnhaut

Arachnoidea und Pia mater bilden zusammen die weiche Hirnhaut. Die Arachnoidea ist eine gefäßarme, faserreiche, bindegewebige Hülle, deren innerer Anteil sich zu einem trabekulären Netzwerk weit verzweigt. Entsprechend der Meinung einiger Autoren (CLARA, SEIFERLE, 1975;

ACKERKNECHT, 1943) zieht diese Spinnwebenhaut über die Spalten und Furchen des Gehirns hinweg, ohne sich in diese einzusenken. Die Pia mater hingegen steht in enger Beziehung zur Hirnoberfläche und begleitet sie bis in die Tiefe der Hirnwindungstäler und wird durch die Basalmembran, der Membrana limitans gliae externa, unterlegt. Blutgefäß- und Nervenreichtum der Pia mater sind auffällig.

4. Einzelne Schichten

4.1 Pachymeninx

4.1.1 Dura mater propria

Das offensichtlichste Merkmal der Dura mater propria besteht aus den in verschiedenen Richtungen verlaufenden, dichten Lagen kollagenen Bindegewebes. In dieses sind einzelne elastische Fasern eingelagert. Die Fibrocyten dieses Duraanteils erweisen sich nach PEASE und SCHULTZ (1958) als ungewöhnlich basophil. Sie sind abgeflacht und besitzen weitreichende, lange, dünne Fortsätze. Ihre Zellkerne sind von mittlerer elektronenmikroskopischer Dichte, wobei sich das Chromatin häufig als verklumpt darstellt (PEASE und SCHULTZ). ANDERSON (1969) beobachtete eine reichlichere Ansammlung von Bindegewebszellen an der inneren Oberfläche der Pachymeninx. Die Fortsätze dieser "flattened dural cells ... resembling fibroblasts or fibrocytes" (SCHACHENMAYR und FRIEDE, 1978) verlaufen parallel zur Oberfläche der Dura mater (ANDERSON) bzw. zur "dura-arachnoid interface" (SCHACHENMAYR und FRIEDE) und scheinen aufgrund ihrer Befestigung durch Membranverdichtungen in funktioneller Beziehung zu elastischen Fasern und zu Mikrofibrillenbündeln zu stehen (ANDRES, 1967a).

Im Elektronenmikroskop weisen die Fibroblasten/Fibrocyten eine beträchtliche Ausbildung des rauhen endoplasmatischen Retikulums sowie eine große Anzahl von RNA-Granula auf. Diese Tatsache mag die von PEASE und SCHULTZ hervorgehobene Basophilie des Cytoplasmas erklären. Die Kollagenfibrillen sind gemäß ANDRES (1967a) in eine feinfilamentäre Substanz eingebettet, die, im

Gegensatz zu der ähnlich strukturierten Arachnoidea, noch ausgeprägter ist. Da die Zellfortsätze der duralen Zellen für gewöhnlich nicht miteinander in Kontakt treten (NABESHIMA et al., 1975), sind in der Dura mater keine junctions beschrieben worden.

4.1.2 Neurothel

Den Übergang zwischen Pachy- und Leptomeninx bildet eine ein- bis mehrschichtige Lage abgeflachter, mesothelartiger Zellen, die schon von KEY und RETZIUS im Jahre 1873 als "Mesothelium" bezeichnet wurde. WAGGENER und BEGGS (1967) hoben jedoch das Fehlen einer Basalmembran hervor, auf der die flachen Zellen des wahren Mesothels der Körperhöhlen ruhen. Von ANDRES (1966a) wurde der Begriff "subdurales Neurothel" geschaffen, den viele Autoren übernommen haben. Eine kurze Zusammenfassung über weitere Synonyma dieser duralen Zellschicht soll Tabelle 2 geben.

Das Neurothel zeigt morphologische Kriterien, wie sie der Dura mater propria eigen sind, so z.B.: ein gut entwickeltes rauhes endoplasmatisches Retikulum, zahlreiche freie Ribosomen sowie einen elektronendichten Zellkern (PEASE und SCHULTZ; NABESHIMA et al.; MATSUMOTO, 1975). Der letztgenannte Autor beschrieb darüber hinaus einen "curiously lobulated nucleus".

Die Zahl der übereinanderliegenden Schichten des Neurothels scheint erheblichen Schwankungen sowohl zwischen den einzelnen Spezies als auch zwischen den verschiedenen Lokalisationen der Meningen unterworfen zu sein. Die Angaben reichen hier von einer einzigen bis mehr als 20 Schichten (Dura mater encephali bei der Katze; ANDRES, 1966a). Weitere Einzelheiten über die Vielschich-

Tabelle 2: Synonyma des Neurothels

Autor	Synonym	Zahl der Schichten
MATSUMOTO (1975)	subdural cells meningothelial basal cells	einschichtig oder leicht geschichtet
WAGGENER und BEGGS (1967)	medial dural border cells	keine Angaben
ANDRES (1966a und b, 1967a)	subdurales Neurothel	mehr als 20 Schichten (cerebral) bzw. 5-10 Schichten (spinal und N. opticus)
FIEDLER und DROMMER (1976)	subdurales Neurothel	5-6 Schichten
RASCOL und IZARD (1976)	subdurales Neurothel	mehrschichtig
PETERS, PALAY, WEBSTER (1975)	Mesothel	keine Angaben
SCHACHENMAYR und FRIEDE (1978)	dural border layer interface layer arachnoid barrier layer	keine Angaben 3-6 Schichten
KRISCH, LEONHARDT und OKSCHE (1983)	Neurothel	eine bis mehrere Schichten
ANDERSON (1969)	mesothelial cells	eine Schicht, manchmal doppelt
NABESHIMA, REESE, LANDIS, BRIGHTMAN (1975)	dural border cells	eine oder mehr Schichten
PEASE und SCHULTZ (1958)	subdural mesothelium	keine Angaben
KLIKA (1967)	lining of the inner, subdural surface of dura	keine Angaben

tigkeit des Neurothels sind in Tabelle 2 aufgeführt. Die verschiedenen Spezies und Lokalisationen gehen aus Tabelle 3 hervor.

Nach RASCOL und IZARD (1976) kann das Neurothel in eine oberflächliche und eine tiefe Zellschicht unterteilt werden, die verschiedenartige Merkmale aufweisen. So zeichnet sich die tiefe Lage durch vesikuläre, kaum anfärbbare Zellkerne, ein vorwiegend helles Cytoplasma und kurze Zellausläufer aus. Die superficialen Zellen sind hingegen langgestreckt, sehr basophil und besitzen lange, spindelige Zellausläufer. Die genannten Untersucher fanden weder in der oberflächlichen noch in der tiefen Lage des Neurothels Bindegewebsfasern, wie sie in der Arachnoidea reichlich vorkommen. Ultrastrukturell besitzen die Zellkörper der superficialen Zone ein dichtes Netz von Cytofilamenten, das in den Zellen der profunden Schicht weniger markant ist und der ersteren die auffällige Elektronendichte verleiht. Die teils engen (superficiale Zone) teils weiten (tiefe Zone) extrazellulären Räume erscheinen optisch leer oder mit feingranulärem Material angefüllt.

MATSUMOTO differenziert an der Grenze zwischen Pachy- und Leptomeninx zwei verschiedene Zellagen: Die "subdural cells" und die "meningothelial basal cells". Mögliche Kriterien zur Abgrenzung der beiden Zellagen voneinander sieht er in einem geringeren Gehalt an Organellen, den zahlreichen Filamenten, den stabförmigen Zellkernen sowie in dürftigen cytoplasmatischen Fortsätzen der "meningothelial basal cells".

Eine spezielle Darstellung der Beziehung von Pachy- und Leptomeninx zueinander wurde von SCHACHENMAYR und FRIEDE gegeben. Diese Untersucher sprechen von einer "interface layer", die von einem duralen Zellanteil, der "dural border layer" und von der arachnoidalen "arach-

Tabelle 3: Spezies und Lokalisationen der untersuchten Meningen

KRISCH, LEONHARDT und OKSCHE (1983)	Ratte	cran. Meningen
ANDERSON (1969)	Mensch, Affe	Meningen des N. opticus
RASCOL und IZARD (1976)	Mensch	cran. Meningen
SCHACHENMAYR und FRIEDE (1978)	Mensch	cran. Meningen
ALLEN und LOW (1975)	Hund	cran. Meningen
MATSUMOTO (1975)	Kaninchen	cran. Meningen
WAGGENER und BEGGS (1967)	Ratte, Meerschweinchen	keine Angaben
ANDRES (1967a), (1966a und b)	Hund, Katze Katze	cran. und spinale Meningen
FIEDLER und DROMMER (1976)	Schwein	spinale Meningen
CLARA (1953)	Mensch	keine Angaben
LOPES und MAIR (1974a und b)	Mensch	cran. Meningen
SHABO und MAXWELL (1971)	Affe, Hund	cran. Meningen
PEASE und SCHULTZ (1958)	Ratte	cran. Meningen
RAMSEY (1954)	Mensch, Ratte	cran. Meningen
NABESHIMA, REESE, LANDIS und BRIGHTMAN (1975)	Maus, Ratte, Chinchilla, Kaninchen, Katze, Affe	cran. und spinale Meningen
SEITZ, LÖHLER und SCHWENDEMANN (1981)	Maus	spinale Meningen
TRIPATHI (1973)	Affe	cran. Meningen
KRAHN und RICHTER (1975)	Schwein, Kalb	cran. Meningen
BÖHME (1973)	Huhn	cran. Meningen
WOLFF (1966)	Kaninchen, Ratte	keine Angaben

noid barrier layer" gebildet wird. Beide Bestandteile sind eng miteinander verschmolzen und stellen somit eine innigere Verbindung dar als die "dural border layer" mit der Dura mater propria und die "arachnoid barrier layer" mit der übrigen Arachnoidea. Der Grund für die leichte Destruierbarkeit der "interface layer" wird in dem völligen Fehlen kollagener Gewebselemente gesehen, im Gegensatz zu dem Reichtum in der angrenzenden Dura mater propria einerseits und im arachnoidalen Gewebe anderseits. Elektronenmikroskopisch fanden die Autoren in den oft geweiteten extrazellulären Räumen ein nicht filamentöses Material, das in seiner Dichte eine gewisse Ähnlichkeit mit dem von Basalmembranen aufweist. Offensichtlich nimmt die Ausweitung der extrazellulären Räume mit der Entfernung von der "arachnoid barrier layer" zu. Ein Unterscheidungsmerkmal zwischen den beiden Anteilen der "interface layer" sehen SCHACHENMAYR und FRIEDE in dem Auftreten von tight junctions in der "arachnoid barrier layer". Dagegen sind andere Zellverbindungen, wie gap junctions, intermediate junctions und Desmosomen, in beiden Portionen der Dura-Arachnoidea "interface layer" anzutreffen.

Eine imposante Erscheinung des Neurothels stellen die ausgeprägten Interdigitationen der langen, dünnen Zellfortsätze dar (SCHACHENMAYR und FRIEDE; RASCOL und IZARD, 1976; MATSUMOTO; ANDRES 1967a). Als ein besonderes Charakteristikum des Neurothels bezeichnet ANDRES (1967a) die intensiven Membranvesikulationen.

Während von den meisten Untersuchern eine Basalmembran zwischen Neurothel und äußerer Arachnoidea verneint wurde, konnten RASCOL und IZARD (1976, 1978) eine derartige vollständige Abgrenzung zwischen harter und weicher Hirnhaut ausmachen. Zellverbindungen in diesem Bereich sind, abgesehen von den Befunden von DERMIETZEL (1975),

der hier tight und gap junctions sowie Desmosomen finden konnte, nicht beschrieben worden. WAGGENER und BEGGS sehen die dural-arachnoidale Schnittstelle als offensichtlich an, da die elektronendichten duralen Zellen von den lichteren arachnoidalen Bestandteilen leicht zu differenzieren seien. Ein auffälliger elektronendichter, mit feingranulärem Material angefüllter Interzellularspalt zwischen der äußeren Arachnoidea und dem Neurothel wird von KRISCH, LEONHARDT und OKSCHE als "straight border" bezeichnet. FIEDLER und DROMMER (1976) machten bei der Untersuchung der spinalen Meningen des Schweines eine ähnliche Beobachtung, wobei ihnen zusätzlich zisternenartige Ausbuchtungen des Interzellularspaltes auffielen. Ein kontrastreicher Interzellularspalt als Abgrenzung des Neurothels gegen die Arachnoidea fand schließlich auch bei ANDRES (1967a) Erwähnung.

4.1.3 Sogenannter Subduralraum

Ein zwischen Dura mater und Arachnoidea auftretender Spalt fand unter der Bezeichnung "Subduralraum" in die ältere Literatur über die Meningen Eingang. Mit Einführung der Perfusionsfixation wurde jedoch eine Diskussion entfacht, ob dieser Subduralraum virtueller Natur oder aber intra vitam existent sei. Einige frühere Untersucher (CLARA; GRAU, 1960) beschreiben ihn sogar als einen mit Flüssigkeit gefüllten Spaltraum. PEASE und SCHULTZ sehen dagegen die Problematik dieser Fragestellung in der Schwierigkeit begründet, Pachy- und Leptomeninx in ihrer ursprünglichen Kontinuität zu erhalten. Aufgrund eines von PENFIELD (1924) erwähnten gelblichen, amorphen Materials in der fraglichen Grenzzone, sprechen PEASE und SCHULTZ von einem "potential subdural

space which accumulate materials outside of the physiological barrier of the arachnoid membrane". Andere Autoren (ANDERSON; ANDRES, 1967a, 1966b; SCHACHENMAYR und FRIEDE; NABESHIMA et al.; LEONHARDT, 1977) verneinen dagegen einen Subduralraum intra vitam.

Gegenstand einer weiteren Diskussion ist die Frage, in welchem Bereich sich die Trennung der sektionstechnisch üblichen Ablösung der Dura mater vom Hirn mitsamt den übrigen Hüllen bzw. eine präparatorisch bedingte artefizielle Spaltung vollzieht. Hierzu nahmen die Untersucher wie folgt Stellung: NABESHIMA et al. und ANDRES (1967a) sprechen von einer Spaltung innerhalb des Neurothels; RASCOL und IZARD (1976) glauben, das Neurothel verbleibe vorwiegend an der Arachnoidea und nur ausnahmsweise an der Dura mater; PEASE und SCHULTZ sehen eine Trennung sowohl zwischen den beiden duralen Anteilen (Dura mater und "Mesothel") als auch zwischen Pachy- und Leptomeninx; SCHACHENMAYR und FRIEDE konnten schließlich eine Spaltung, soweit eine solche überhaupt vorhanden war, innerhalb der "dural border layer" beobachten, die ihnen wegen ihres Mangels an interzellulären Kontakten (völliges Fehlen von tight junctions) als auch wegen der ausgeprägten extrazellulären Zisternen als prädisponiert erschien. Die hohe Fragilität des Neurothels wird von nahezu allen Autoren herausgestellt.

4.2 Leptomeninx

4.2.1 Arachnoidea

Die Arachnoidea stellt keine einheitliche Formation dar, sondern läßt sich mittels der Elektronenmikroskopie in diverse Lagen teilweise voneinander abweichender Zellen

differenzieren. Ganz allgemein unterscheidet man die äußere Arachnoidea von der Arachnoidea des arachnoidalen Raumes.

4.2.1.1 Äußere Arachnoidea

Die äußere Arachnoidea muß aufgrund ihres spezifischen Aufbaus von der des arachnoidalen Raumes gesondert behandelt werden. Sie setzt sich aus zwei Anteilen zusammen:

1. aus einer zum Neurothel gerichteten, dicht gepackten, stark interdigitierten, kollagenlosen Zellage, die gegenüber dem zweiten Anteil teilweise durch eine Basalmembran abgegrenzt wird und

2. aus daran anschließenden, sich ebenfalls stark verflechtenden Zellen, deren stark erweiterte Interzellularräume reichlich Kollagen enthalten (MATSUMOTO: "lacunae cells").

Im Vergleich zum Neurothel weisen vor allem PEASE und SCHULTZ auf den blassen Zellkern, das wäßrige Cytoplasma sowie den relativ großen Zellumfang hin. Übereinstimmend wird die geringere Elektronendichte gegenüber duralen Anteilen hervorgehoben (PEASE und SCHULTZ; NABESHIMA et al.; MATSUMOTO; WAGGENER und BEGGS). Letztere betonen darüber hinaus die geringe Abflachung der arachnoidalen Zellen. SCHACHENMAYR und FRIEDE wie auch NABESHIMA et al. sehen eine klare Abgrenzung der "arachnoid barrier cells" von der darunterliegenden Arachnoidea gekennzeichnet durch eine kompaktere Zellanordnung der ersteren sowie durch Ausbildung einer Basalmembran, die die kollagenlosen "arachnoid barrier cells" von dem Kollagen enthal-

tenden Anteil der Arachnoidea trennt. Auch ANDRES (1967a) bezeichnet die in ihrer Ausbildung unvollständige Basalmembran als Abgrenzung des arachnoidalen Bindegewebes gegenüber der äußeren arachnoidalen Zellschicht. Entgegen den Befunden von LOPES und MAIR (1974b), ANDRES (1967a) und NABESHIMA et al. definieren SCHACHENMAYR und FRIEDE die Basalmembran an der Innenseite der "arachnoid barrier cells" als "almost continuous".

Die Zellkerne der arachnoidalen Zellen sind rund bis oval mit vorwiegend randständig in Klumpen angeordnetem Heterochromatin. Der von LOPES und MAIR (1974b) als äußerer Teil der Arachnoidea benannte Abschnitt weist auffallend elektronendichte Zellkerne auf, ebenso wie die "dark cells" von THOMAS (1966), die nicht nur an der zum Neurothel gerichteten Oberfläche, sondern auch in der Tiefe der Arachnoidea gefunden wurden. Die "sheath cells" von MATSUMOTO enthalten runde bis leicht eingedellte Kerne, wogegen SCHACHENMAYR und FRIEDE die der "arachnoid barrier" als langgestreckt beschreiben.

Das insgesamt reichliche Cytoplasma bildet zahlreiche untereinander verflochtene Zellfortsätze. Die elektronische Dichte des Cytoplasmas wird von NABESHIMA et al. als geringer eingestuft als die des Neurothels einerseits und die des inneren Teils der Arachnoidea anderseits.

Als imposanteste Zellorganellen des Cytoplasmas werden die relativ großen Mitochondrien angesehen. ANDRES (1967a) wies erstmals auf den Größenunterschied zwischen den markanten arachnoidalen Mitochondrien und den kleinen des Neurothels hin. Daneben gehören ein gut ausgebildeter Golgi-Apparat, rauhes endoplasmatisches Retikulum in unterschiedlichen Mengen sowie ribosomale Rosetten zu dem üblichen Strukturmuster arachnoidaler Zellen. Auch werden zahlreiche Vesikel und cytoplasmatische Invaginatio-

Tabelle 4: Differenzierung arachnoidaler Anteile

ANDERSON (1969)	arachnoid proper subarachnoid space mesothel of the inner surface of the arachnoid
NABESHIMA, REESE, LANDIS und BRIGHTMAN (1975)	arachnoid barrier cells subarachnoid space deeper inner part of the arachnoid
MATSUMOTO (1975)	arachnoid layers: sheath cells lacunae cells pial cells
ANDRES (1967a)	äußere Zellschicht der Arachnoidea Mesothel der Arachnoidea Subarachnoidalraum Mesothel der Arachnoidea
FIEDLER und DROMMER (1976)	Arachnoidea Mesothel der Arachnoidea Subarachnoidalraum
SCHACHENMAYR und FRIEDE (1978)	arachnoid barrier layer arachnoid of the subarachnoid space
LOPES und MAIR (1974b)	outer part of the arachnoid: dark cells inner part of the arachnoid: clear cells
KRISCH, LEONHARDT und OKSCHE (1983)	outer arachnoid layer arachnoid space inner arachnoid layer
RENGACHERY und WATANABE (1981)	subdural cell layer trabecular connective tissue layer inner surface cell layer
SHABO und MAXWELL (1971)	outer segment of the arachnoid inner segment of the arachnoid subarachnoid space
KLIKA (1967)	lining of the outer arachnoid surface and of subarachnoid space
WEED (1920)	arachnoid membrane arachnoid lining cells subarachnoid space

nen häufig beschrieben. SCHACHENMAYR und FRIEDE sehen eine relative Zunahme der letzteren in Richtung auf den arachnoidalen Raum hin. Große Vakuolen finden bei LOPES und MAIR (1974b) in den äußeren dunklen Zellen Erwähnung. Cytoplasmatische Filamente sind insgesamt auffällig.

Die interzellulären Kontakte der äußeren Arachnoidea bestehen übereinstimmend aus Desmosomen, gap junctions, Hemidesmosomen und tight junctions. Letztere sind besonders hervorzuheben, da sie dem subduralen Neurothel wie auch allen anderen meningealen Schichten völlig fehlen und mit ihrem Auftreten in der äußeren Arachnoidea diese als einzig wirksame Diffusionsbarriere der Meningen fungieren lassen (NABESHIMA et al., PETERS et al., KLIKA, 1967). Während PETERS et al. diese Zonulae occludentes vor allem an der zur cerebrospinalen Flüssigkeit hin gerichteten Oberfläche sehen, fallen sie NABESHIMA et al. hauptsächlich zwischen den arachnoidalen Zellen auf, die dem Neurothel naheliegen. Die Häufigkeitsverteilung der einzelnen Zellverbindungen scheint zwischen den verschiedenen Spezies Unterschiede aufzuweisen. So finden z.B. WAGGENER und BEGGS Desmosomen bei Ratte und Meerschweinchen nur selten, während sie von SHABO und MAXWELL (1971) (Affe und Hund), SCHACHENMAYR und FRIEDE, THOMAS (Mensch) sowie von FIEDLER und DROMMER (Schwein) häufig und von NABESHIMA et al. (Maus, Ratte, Chinchilla, Kaninchen, Katze und Affe) mehrfach angetroffen wurden. Hemidesmosomen wurden von den letztgenannten Autoren in der Zellmembran, die der unvollständigen Basalmembran an der Innenseite der "arachnoid barrier cells" anliegt, und gap junctions zwischen den "arachnoid barrier cells" und den inneren arachnoidalen Zellen gefunden.

Die extrazelluläre Komponente des inneren Anteils der äußeren Arachnoidea wird in der Hauptsache durch kollagene Fasern bestimmt, deren Fasernetz ein besonders dich-

tes ist. Stellenweise erwecken die Kollagenbündel den Eindruck einer isolierten Lage, indem sie von den Zellausläufern vollständig umhüllt werden (ANDRES, 1967a). Ein wesentlich geringerer Durchmesser der arachnoidalen Kollagenfibrillen im Vergleich mit denen der Dura mater wurde von CLOYD und LOW (1974) herausgestellt. Nach Kontrastierung mit Uranylacetat fand ANDRES (1967a) feine Punktierungen als mögliches Äquivalent der Protofibrillenstruktur. Als besonderen Befund konnte der eben genannte Autor an der Oberfläche der Kollagenfibrillen vielfach radiär angeordnete, feinste Filamente sowie desmale Mikrofibrillen von vier- bis fünfeckigem Querschnitt mit zentraler Aufhellung erkennen. Darüber hinaus fiel ihm die ähnliche Strukturierung von intra- und extracytoplasmatischen Fibrillen auf. Elastische Fasern sind neben den verschiedenen Größenordnungen des Kollagens ebenfalls beschrieben worden.

4.2.1.2 Arachnoidea des arachnoidalen Raumes

Das gemeinhin als Subarachnoidalraum bezeichnete, cerebrospinale Flüssigkeit enthaltene System von Trabekeln, Gefäßen, Nerven und zellulären Komponenten soll hier, in Anlehnung an KRISCH, LEONHARDT und OKSCHE, als "arachnoidaler Raum" und sein zellulärer Bestandteil als "Arachnoidea des arachnoidalen Raumes" benannt werden. Im einzelnen zählen hierzu

1. die dünne Schicht abgeflachter Zellen, die dem kollagen-enthaltenen inneren Anteil der äußeren Arachnoidea eng anliegt und damit die äußere Begrenzung des arachnoidalen Raumes bildet,

2. die gleichartige Lamelle an der Innenseite des arach-

noidalen Raumes, die in enger Beziehung zur Pia mater steht und

3. die zelluläre Komponente der Spinnwebenhaut, die Bindegewebstrabekel, Gefäße und Nerven des arachnoidalen Raumes in geschlossener Formation umhüllt.

Von einigen Autoren wird hier der Begriff "Mesothel" verwendet unter gleichzeitiger Betonung der Lückenlosigkeit dieser Auskleidung des arachnoidalen Raumes (ANDRES, 1967a und 1966b; ANDERSON; FIEDLER und DROMMER). PEASE und SCHULTZ wie auch RAMSEY (1965) weisen jedoch auf eine Diskontinuität dieser Zellage hin. Die ansonsten ein- bis zweischichtige Auskleidung des arachnoidalen Raumes sieht ANDERSON im Bereiche der wenigen Trabekel, die Blutgefäße enthalten, bis zu mehreren Schichten verdickt.

Die Zellen des arachnoidalen Raumes sind komplexer Natur. Insbesondere durch ihre langen, flachen Fortsätze bilden sie mit den fibrösen Trabekeln und den Blutgefäßen ein weit verzweigtes Netzwerk. Auf die Ähnlichkeit zwischen Struktur und Dichte des Cytoplasmas des inneren Anteils der "arachnoid barrier cells" und denen des arachnoidalen Raumes verweisen SCHACHENMAYR und FRIEDE, betonen aber gleichzeitig die nur spärlichen pinocytotischen Invaginationen bei letzteren. Dagegen stellt ANDRES (1967a) eine intensive Membranvesikulation als Besonderheit der arachnoidalen Zellelemente des arachnoidalen Raumes heraus. "Uni- or multilocular giant vacuoles" in vorwiegend zentraler Position, mit korrespondierender Eindellung des Zellkerns waren für TRIPATHI (1973) der auffälligste Befund in der mesothelartigen Begrenzung der Arachnoidea nahe des Sinus sagittalis superior. Mit dem Rasterelektronenmikroskop konnten von KRAHN und RICHTER (1975) Mikrovilli an den Zelloberflächen dargestellt werden. Das übrige Verteilungsmuster der Zellorganellen

weist zwischen beiden arachnoidalen Zellkomponenten keine Abweichungen auf.

Von vielen Untersuchern (MERCHANT und LOW, 1977; ALLEN und LOW, 1975; PETERS et al.; SCHACHENMAYR und FRIEDE; KRISCH, LEONHARDT und OKSCHE) wird auf einen extraarachnoidalen Zellbestandteil hingewiesen. Vor allem sollen zahlreiche Makrophagen mit ihren pseudopodenähnlichen Fortsätzen und vielen Lysosomen den arachnoidalen Raum besiedeln.

Ebenso wie der innere Anteil der äußeren Arachnoidea, so ist auch die Arachnoidea des arachnoidalen Raumes außerordentlich kollagenreich. Die Anordnung der Kollagenfibrillen ist nach SCHACHENMAYR und FRIEDE und nach ANDERSON im arachnoidalen Raum vorwiegend randständig. Der letztgenannte Untersucher bemerkt zudem, daß das Kollagen niemals direkt mit der cerebrospinalen Flüssigkeit in Berührung kommt, da ein- bis mehrschichtige Lagen mesothelialer Zellen allenthalben eine räumliche Trennung bedingen. SHABO und MAXWELL (1971) wollen dagegen häufig Kollagenbündel gesehen haben, die in direktem Kontakt mit der cerebrospinalen Flüssigkeit stehen. Feine Filamente, auch "microfibrils" genannt, bilden stellenweise eine Schicht unter der mesothelartigen Auskleidung des arachnoidalen Raumes (ANDERSON) oder stehen in lockerer Verbindung mit den Zellfortsätzen (SCHACHENMAYR und FRIEDE). Auch ANDRES (1967a) beschreibt ein lockeres Geflecht aus Mikrofibrillen, das unter den mesothelartigen Zellen des arachnoidalen Raumes als möglicher Ersatz für die hier ansonsten meist fehlende Basalmembran dienen soll.

Die Basalmembran zwischen dem zum Neurothel gerichteten, kollagenlosen Anteil der äußeren Arachnoidea und dem inneren, kollagenreichen Abschnitt erstreckt sich auch teilweise auf die Trabekel, die diesen Raum durchqueren.

Der Grundstock dieser Trabekel ist bindegewebiger Natur mit vorwiegend kollagener Komponente. Sie können Blutgefäße oder Nervenwurzeln (im Spinalbereich) mitführen und sind lückenlos von der Arachnoidea des arachnoidalen Raumes umkleidet.

Die Zellverbindungen bestehen aus gap junctions, intermediate junctions (fasciae adhaerentes) und Desmosomen. Tight junctions fehlen hier völlig.

Bezüglich der Weite des arachnoidalen Raumes herrscht eine Diskrepanz bei den Angaben der verschiedenen Untersucher . So definierten SEITZ et al. (1981) den arachnoidalen Raum als "narrow slit" zwischen Pia mater und Arachnoidea, der jedoch an den lateralen Polen des Rükkenmarks geweitet ist. FIEDLER und DROMMER beschreiben ihn im Thorakalbereich, im Gegensatz zu dem der übrigen Wirbelsäulensegmente, als schmal. Bei Kaninchen und Ratte konnte von WOLFF (1966) kein konstanter arachnoidaler Raum erkannt werden, ebensowenig wie von BÖHME (1973) bei der Untersuchung der Leptomeninx des Huhnes. RASCOL und IZARD (1978) sehen in den "subarachnoid spaces" des Schädeldaches beim Menschen erweiterte perivaskuläre Räume. Der arachnoidale Raum der cerebralen Meningen erfährt in den Regionen, in denen sich die Pia mater (nach den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen auch die innere Lamelle der Arachnoidea des arachnoidalen Raumes) in die Tiefe der Hirnfurchen hinabsenkt, eine Ausdehnung und läßt die Cisternae leptomeningicae (s. subarachnoidales) entstehen (CLARA). Hier sollen die Cisterna cerebellomedullaris, Cisterna pontis, Cisterna ambiens, Cisterna basalis, Cisterna fossae lateralis cerebri und die Cisterna interhemispherica (CLARA) nur kurz Erwähnung finden. Die Benennung der Cisternen entspricht dabei teilweise (Cisterna ambiens, - fossae lateralis cerebri und -interhemispherica) den drei großen

Gehirnfurchen, der Fissura transversa cerebri, Fissura lateralis cerebri und Fissura longitudinalis cerebri.

Der mit cerebrospinaler Flüssigkeit gefüllte arachnoidale Raum steht über die paarigen Foramina Luschkae und über das inkonstante unpaare Foramen Magendii mit dem Ventrikelsystem des Hirnes in Verbindung.

4.2.2 Pia mater

Die grobe Unterteilung dieses innersten Leptomeninxanteils soll in eine äußere und in eine innere Pia erfolgen, die gemeinsam einen pialen Raum einschließen.

4.2.2.1 Äußere Pia

Die Pia mater besteht in ihrer Gesamtheit aus einer ein- bis mehrschichtigen Lage flacher Bindegewebszellen, deren Trennung von dem darunter liegenden neuralen Gewebe durch den beträchtlichen extrazellulären Bindegewebsbestandteil unterstrichen wird. Die zelluläre Komponente tritt demgegenüber deutlich in den Hintergrund. Die Angaben über die Anzahl der pialen Schichten reichen von einer einzigen Zellage (beim Menschen: LOPES und MAIR, 1974a; RAMSEY; SHABO und MAXWELL, 1971; beim Kaninchen: MATSUMOTO) bis zu mehreren Lagen (bei Ratte und Meerschweinchen: WAGGENER und BEGGS; beim Schwein: FIEDLER und DROMMER; bei der Ratte: KRISCH, LEONHARDT und OKSCHE). Die erhebliche Breite der Pia mater spinalis des Schweines wird von FIEDLER und DROMMER hervorgehoben. Die Abgrenzung der bindegewebigen Meningen gegenüber dem zentralnervösen Organ ist durch eine Basalmembran markiert, die der Lamina limitans gliae supf. unmittelbar anliegt.

Viele Untersucher (PETERS et al.; WAGGENER und BEGGS; NABESHIMA et al.; PEASE und SCHULTZ; SHABO und MAXWELL, 1971) weisen auf fehlende Kriterien hin, die eine exakte Unterscheidung zwischen pialen und arachnoidalen Zellbestandteilen ermöglichen würden. Die beiden letzteren sahen die innere Arachnoidea des arachnoidalen Raumes und die Pia mater teilweise als nur eine Schicht sich überlappender Zellen an. Als mögliche Differenzierungsmerkmale wurden etwas dünnere Zellfortsätze (NABESHIMA et al.) und eine geringere Tendenz zur gegenseitigen Verzahnung der pialen Zellen (PEASE und SCHULTZ; GUSEK, 1961) zur Diskussion gestellt. LOPES und MAIR (1974a) sind dagegen der Meinung, daß es "obvious differences" gibt, wie z.B. das Fehlen einer Basalmembran der pialen Zellen (sie wird bei arachnoidalen Zellen in der Nähe von kollagenen Fasern teilweise angetroffen) sowie das Nichtvorhandensein von Desmosomen zwischen den Zellen der Pia mater. Darüber hinaus beobachteten diese Autoren runde Zellkerne, spärliches Cytoplasma mit nur wenigen kleinen, elektronendichten Mitochondrien und einem nur geringen Gehalt an rauhem endoplasmatischen Retikulum. Sie verweisen auf die Ähnlichkeit der pialen Zellen mit Fibroblasten. FIEDLER und DROMMER sprechen die wenigen Zellen der Pia mater, die mit ihren langen, dünnen Fortsätzen zwischen kollagene Faserzüge eingelagert sind, in erster Linie als Fibrocyten und Fibroblasten an. Dazwischen sollen einzelne Makrophagen liegen.

Die Zellorganellen der Pia mater entsprechen denen der Arachnoidea und beinhalten ein gut entwickeltes rauhes endoplasmatisches Retikulum, reichliche Golgi-Strukturen und Mitochondrien.

Zellkontakte konnten von NABESHIMA et al. zwischen den pialen Zellen nicht gefunden werden. Sie beschrieben aber einen zwischen Pia mater und Basalmembran gelege-

nen Raum, der im allgemeinen mit Kollagen angefüllt ist und der stellenweise durch Kontakte zwischen den Fortsätzen der pialen Zellen und der Basalmembran unterbrochen wird.

4.2.2.2 Pialer Raum

Von KRISCH, LEONHARDT und OKSCHE wird ein pialer Raum zwischen innerer und äußerer Pia in der schon erwähnten Weise dargestellt. Dieser kann sich stellenweise zu einem interzellulären Spalt verengen, um sich dann anderenorts erneut auszuweiten. Da die Pia mater jedoch bei einigen Spezies, wie z.B. bei Mensch und Kaninchen, nur aus einer einzigen Zellage aufgebaut wird, muß die Existenz eines derartigen Raumes wohl als speziesspezifisch angesehen werden.

4.2.2.3 Innere Pia

Die innere Pia, von einigen Untersuchern auch als "Intima piae" (SEITZ et al.; KEY und RETZIUS; CLARA) bezeichnet, besteht aus einer solitären Lage flacher meningealer Zellen und stellt eine vollkommene Trennung des pialen vom subpialen Raum dar (KRISCH, LEONHARDT und OKSCHE). CLARA sieht die Intima piae oder auch "Membrana limitans accessoria" genannt, als Gitter argyrophiler Fibrillen an, das nach Art einer Basalmembran in eine verdichtete Grundsubstanz eingetaucht ist.

Die Basalmembran zwischen den bindegewebigen Hüllen und dem nervösen Zentralorgan wird teils als alleinige Bildung der Lamina limitans gliae supf. (RAMSEY), teils als gemeinsame Struktur angesehen, an deren Aufbau sowohl

die Pia mater als auch die Lamina limitans gliae supf. beteiligt sind (PEASE und SCHULTZ; MATSUMOTO; CLARA).

4.2.2.4 Subpialer Raum

Er wird durch die Basalmembran zwischen Gehirn und Meningen definiert und steht mit den interzellulären Spalten der marginalen Glia in Verbindung (KRISCH, LEONHARDT und OKSCHE).

4.2.2.5 Lamina limitans gliae superficialis

Während die Mehrzahl der Untersucher eine Verbindung zwischen ihr und der Pia mater sehen, beobachtet RAMSEY stellenweise eine Trennung dieser beiden Bestandteile.

5. SPEZIALEINRICHTUNGEN DER MENINX

5.1 Arachnoidale Zotten und Pacchionische Granulationen

5.1.1 Allgemeine Betrachtung

Diese meningealen Strukturen, an deren Bildung sowohl die Leptomeninx (Arachnoidea) als auch die Pachymeninx (Neurothel: ANDRES, 1967b; RASCOL und IZARD, 1969) beteiligt sind, werden - entsprechend den Verhältnissen beim Menschen - nach Größenunterschieden in die mikroskopisch kleinen arachnoidalen Zotten (= Villi) und die makroskopisch erkennbaren Pacchionischen Granulationen unterschieden. Die Übergänge zwischen beiden Formen sind jedoch fließend, zumal dem geübten Untersucher die sonst als mikroskopisch bezeichneten Villi bereits bei der makroskopischen Untersuchung sichtbar werden. Arachnoidale Zotten sind schon bei jungen Individuen ausgebildet (GOMEZ et al., 1981: Entwicklung von arachnoidalen Zotten schon bei 35 Wochen alten menschlichen Föten), nehmen aber erst mit dem Alter an Größe und Zahl zu.

5.1.2 Morphologie von Zotten und Granulationen

Der Aufbau von Zotten und Granulationen weist jedoch keine wesentlichen Unterschiede auf, wie zahlreiche Untersuchungen beim Menschen ergeben haben (THOMAS; RASCOL und IZARD, 1969; PETERS et al.; COOPER, 1958; WOLMAN, 1952; WOLPOW und SCHAUMBURG, 1972; SCHALTENBRAND, 1955; CLARA; SHANTHA und EVANS, 1972). Arachnoidale Villi und Pacchionische Granulationen sind kolben- oder

pilzähnliche, gestielte Gebilde, die von der Arachnoidea des arachnoidalen Raumes ihren Ausgang nehmen und sich durch Lücken in der Dura mater propria vorwärtsschieben und in dieser zu liegen kommen oder aber sich bis in die Lumina duraler Sinus vorwölben. Infolge dieser Verbindung zwischen dem mit Liquor gefüllten arachnoidalen Raum und dem Blut sowie wegen ihres spezifischen Aufbaus wurde ihnen schon frühzeitig eine Funktion bei der Liquorresorption zugesprochen. Ob sie als ventilartige Einrichtungen zur Aufrechterhaltung der Druckverhältnisse zwischen Liquor und Blut fungieren, ist jedoch bis heute eine Streitfrage geblieben. Zotten und Granulationen sind im allgemeinen frei von Gefäßen und Nerven. In ihrer Umgebung soll die Dura mater jedoch bemerkenswert reich an Nervenbündeln sein (ANDRES, 1967b; SHABO und MAXWELL, 1968a; FANKHAUSER, 1962a). Ein teilweise geschlängelter Faserverlauf (FANKHAUSER, 1962a) und die meist dichte Zellagerung unterstützen die Vorstellung, daß Zotten und Granulationen nach dem Tode, mit Wegfall der natürlichen Druckverhältnisse, kollabieren.

Die meisten Untersucher sehen diese meningealen Spezialeinrichtungen nur in Verbindung mit den verschiedensten Venensinus (v.a. Sinus longitudinalis, Sinus transversus und Sinus cavernosus, weniger häufig mittlere meningeale Venen: WOLMAN, 1952). Andere hingegen finden sie auch unabhängig von Blutleitern und Venen (COOPER; FANKHAUSER, 1962a).

Kontroversen bestehen gleichermaßen über ihren strukturellen Aufbau. Einigkeit herrscht hinsichtlich der Beteiligung der arachnoidalen Zellkomponente, die mit ihren Interdigitationen und weiten kollagenreichen Interzellularräumen den Kern oder die zentrale Masse der Zotten und Granulationen bilden. Dieser verjüngt sich zusehends in Richtung auf den arachnoidalen Raum zu einem

Stiel, durchzieht als "Hals" die Dura mater und setzt schließlich an dem äußeren Zellanteil der Arachnoidea des arachnoidalen Raumes an. In der gestielten Verjüngung ist die Zellformation der im Kern sonst meist regellos und locker angeordneten Zellen eine parallele bei einer dichten Lagerung. Die äußere Begrenzung, auch Randzone genannt, wird von einer mehr oder weniger geschlossenen Endothelschicht umgeben, die sich in das Sinusendothel fortsetzt und folgende Eigentümlichkeiten aufweist: Intensive Membranvesikulation (ANDRES, 1967b; ALKSNE, 1963), elektronendichtes (filamentreiches) Cytoplasma, zahlreiche Zellkontakte in Form von tight junctions (SHABO und MAXWELL, 1968a) und Microvilli an den Zelloberflächen (GOMEZ und POTTS, 1974). Hieran schließt sich ein subendothelialer Raum an, der einzelne arachnoidale Zellen (POTTS et al., 1972) und reichlich kollagene Fasern enthalten soll (SHABO und MAXWELL, 1968a). RASCOL und IZARD (1969) sehen ihn völlig frei von Bindegewebe. Ihrer Meinung nach ist das Neurothel, zu Gruppen von zwei oder drei Zellen angeordnet, mit am Aufbau dieser Randzone beteiligt. Es erhält seine charakteristische Basophilie durch zahlreiche Cytofilamente und Ribosomen. Von Endothel ausgekleidete Tubuli sollen vom "Hals" ihren Ausgang nehmen und mit dem der Randzone in Verbindung stehen (GOMEZ und POTTS; GOMEZ et al., 1974). In Richtung auf den Kern folgt ein System aus hellen arachnoidalen Zellen, spindeligen basophilen Zellelementen und kollagenen Fasern, das in Richtung Zentrum eine zunehmende Auflockerung erfährt. Einige Autoren (THOMAS; WOLPOW und SCHAUMBURG) sehen die arachnoidalen Zotten und Pacchionischen Granulationen von einer mehr oder weniger ununterbrochenen Schicht der Dura mater umgeben, die von der Zottenoberfläche durch einen echten Subduralraum getrennt sein soll.

5.1.3 Zotten und Granulationen bei Tieren

Entgegen früheren Ansichten, daß diese meningealen Spezialeinrichtungen bei Tieren nicht oder nur unregelmäßig vorkommen, sind sie heute bei nahezu allen Haustieren beschrieben worden (FANKHAUSER, 1962a und b: Pferd, Rind, Schaf, Hund; ANDRES, 1967b: Hund und Katze; HOWARTH und COOPER, 1955: Katze; COOPER: Katze; GOMEZ und POTTS: Schaf; GOMEZ et al.: Schaf; POTTS et al.: Hund und Schaf; SHABO und MAXWELL, 1968a: Affe; 1968b: Affe und Hund; ALKSNE: Hund). Hinsichtlich ihrer Größe bestehen erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Spezies. So wurden nur bei Pferd (FANKHAUSER, 1962a und b) und Schaf (GOMEZ und POTTS; GOMEZ et al.; POTTS et al.) ausnehmend große Pacchionische Granulationen gefunden. Bei anderen Spezies (Hund und Katze) sind diese meningealen Bildungen vornehmlich von mikroskopischer Größenordnung. Elektronenmikroskopische Untersuchungen der arachnoidalen Zotten und Pacchionischen Granulationen wurden von ANDRES (1967b), ALKSNE, SHABO und MAXWELL (1968a und b), GOMEZ und POTTS sowie von GOMEZ et al. durchgeführt. Sie haben erwartungsgemäß gezeigt, daß in der Feinstruktur keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Zotten bei Mensch (RASCOL und IZARD, 1969; THOMAS) und Tieren bestehen.

Von ANDRES (1967b) konnte bei Hund und Katze, ähnlich wie von RASCOL und IZARD (1969) beim Menschen, eine Beteiligung des Neurothels am Aufbau von Zotten und Granulationen nachgewiesen werden. Der sonst prägnante Interzellularspalt zwischen äußerer Arachnoidea und Neurothel ist im Bereich der Zotten nicht deutlich erkennbar. Es erfolgt eine intensive Durchmischung beider Anteile, die sich elektronenmikroskopisch als ausgeprägte Interdigitationen und Verflechtungen darstellen. Zellkontakte,

die andernorts entsprechend der Meinung des Autors zwischen Pachy- und Leptomeninx fehlen, kommen hier in Form von Desmosomen vor. Die Differenzierung von Neurothel und Arachnoidea erfolgte auch hier aufgrund der höheren Elektronendichte und der ausgeprägten Membranvesikulation des pachymeningealen Anteils.

5.1.4 Entwicklung der Zotten und Granulationen

Anhäufungen von arachnoidalen Zellen in der Dura mater, teils in ungeordneten Haufen, teils in mehr oder weniger konzentrisch formierten Knötchen, werden mit der Entwicklung von Zotten und Granulationen in Zusammenhang gebracht (CLARA; KNOCHE, 1979; FERNER, 1940). Daneben sollen vielerorts "leptomeningeale Züge" innerhalb der Dura mater anzutreffen sein (FANKHAUSER, 1962a und b), die gleichfalls Vorstufen für diese meningealen Spezialeinrichtungen darstellen sollen. Für ANDRES (1967b) sind "Neurothelprotrusionen" (Vorstülpungen kleinerer Neurothelzellverbände in das durale Kollagen) die "einfachste Form" der arachnoidalen Villi, in die sich Zellen und Bindegewebe der Arachnoidea von der Basis her einschieben können.

5.2 Tela chorioidea des III. Ventrikels

Besondere Einrichtungen der Meningen sind die Telae chorioideae der vier Hirnventrikel. Sie entstehen im Zuge von Einstülpungen der primitiven Neuralrohrwandung mitsamt Meningen, verschmelzen mit letzteren unter zunehmender Annäherung zu einer bindegewebigen Platte und bilden damit den Aufhängeapparat für die Plexus chorio-

idei. Der III. Ventrikel läßt sich in eine Pars telencephalica ventriculi tertii (s. prosencephali) und in eine Pars diencephalica ventriculi tertii unterteilen (CLARA). Die Tela chorioidea prosencephali dringt dem eben genannten Autor zufolge hinter dem Balkenwulst zwischen basaler Fläche der Hemisphären und dorsaler Fläche des Diencephalons ein und füllt die Fissura telodiencephalica völlig aus. Zusammen mit der Lamina tectoria ventriculi III bildet sie die Zottenplatte mit ihren schmalen Streifen des Plexus chorioideus ventriculi III beiderseits der Mittellinie. Letzterer besteht aus Blutgefäßschlingen mit spärlichem leptomeningealen Bindegewebe und ependymalen Überzug. Damit sind sowohl die Tela chorioidea wie auch das Plexusstroma leptomeningeale Bildungen.

Einige Untersucher (MAXWELL und PEASE, 1956; SCHALTENBRAND; BUCHER 1980; SEIFERLE) vertraten die Ansicht, Tela chorioidea und Plexusstroma seien reine Strukturen der Pia mater. Die heutige Meinung geht jedoch dahin, daß auch die Arachnoidea an dem Aufbau der Tela chorioidea beteiligt ist. DERMIETZEL (1975) bemerkte darüber hinaus, daß auch das Neurothel hieran Anteil nimmt.

Elektronenmikroskopisch wurden im leptomeningealen Bindegewebe des Plexus chorioideus der Ratte tight und gap junctions (van DEURS, 1979) beschrieben, wobei sich die ersteren von denen der "arachnoid barrier cells" durch eine lockere, diskontinuierliche Anordnung unterscheiden sollen. Auch DERMIETZEL fand bei der Untersuchung des Plexus chorioideus der Katze zwischen den sich überlappenden pialen Zellen des Stromas wie auch in der Tela chorioidea tight junctions, gap junctions und Desmosomen. Zonulae occludentes sollen in der Übergangszone zwischen Arachnoidea und Neurothel besonders zahlreich anzutreffen sein.

6. Eigene Untersuchungen zur Anatomie der Katzenmeninx

6.1 Material und Methodik

Als Material für die normalanatomischen Untersuchungen dienten mehrere Katzen des laufenden Sektionsgutes des Instituts für Tierpathologie der Universität München, von denen die beiden folgenden auch elektronenmikroskopisch untersucht wurden:

1. Tgb Nr P 389/82 EL 470
   Katze, ca. 3 Jahre, weiblich

2. Tgb Nr P 739/83 EL 563
   Katze, 6 Jahre, männlich, kastriert

Die Hirnsektion erfolgte unter bestmöglicher Schonung der Meningen. Die Dura mater wurde mittels stumpfer Präparation von Schädelkalotte und -basis gelöst, so daß die am Hirn verbliebene Pachymeninx zusammen mit diesem seziert werden konnte. Die Fixation des frischen Materials erfolgte mit phosphatgepuffertem (0,15 M, ph 7) 6,5 %igen Glutaraldehyd, das auf die Duraoberfläche abgesetzt sowie subdural als auch intraventrikulär injiziert wurde (mit Kanüle in den Zentralkanal am Übergang zum IV. Ventrikel eingegangen und Fixativ unter leichtem Druck abgesetzt, bis eine leichte Erweiterung des arachnoidalen Raumes sichtbar wurde). Nach Abpräparation der Dura mater wurden aus dem Mantelkantenbereich des mittleren Drittels mehrere Proben der Arachnoidea und Pia mater mit oberflächlichen Hirnbestandteilen im Zusammenhang entnommen und - ebenso wie die Dura mater - in ca. 1 mm große Gewebeblöcke geschnitten, mit Osmium-Tetroxid nachfixiert und Semidünnschnitte nach den übli-

chen Methoden angefertigt. Die Ultradünnschnitte (Reichert Ultracut) wurden mit Uranylacetat und Bleicitrat kontrastiert, die Semidünnschnitte mit Azur-Blau gefärbt. Die elektronenmikroskopische Untersuchung erfolgte mit dem institutseigenen Transmissions-Elektronenmikroskop ZEISS (EM 10).

6.2 Ergebnisse

6.2.1 Lichtmikroskopische Befunde an Semidünnschnitten

Die Dura mater stellt sich in Form dicht gelagerter kollagener Fasern dar, zwischen denen einzelne Kernanschnitte von Fibrocyten sichtbar werden. Das Neurothel läßt sich als eine Schicht stäbchenförmiger, dunkler Zellkerne erkennen, während Cytoplasmagrenzen nicht auszumachen sind. Die äußere Arachnoidea imponiert in ihrem äußeren Anteil durch dicht gelagerte Zellen mit großen, ovalen, blassen Nuclei, deren spärliches Heterochromatin leicht verklumpt und über den gesamten Kern nahezu gleichmäßig verteilt ist und die von einer gut definierten Nuclearmembran umgeben werden. Nucleoli treten mitunter deutlich hervor. Der innere Anteil der äußeren Arachnoidea zeigt die gleichen Zellelemente, die allerdings nicht so dicht gelagert sind und reichlich interzelluläres Kollagen enthalten. In beiden Bereichen sind, neben den typischen, eben beschriebenen arachnoidalen Zellen, auch solche mit dunklen Nuclei und reichlich verklumptem Heterochromatin sichtbar, das randständig formiert, aber auch über den gesamten Kern verteilt ist. Die Arachnoidea des arachnoidalen Raumes kleidet diesen vollständig aus, indem sie die zahlreichen Blutgefäße ebenfalls allseitig ummantelt. Die Pia mater, die stellenweise zwei-

schichtig erscheint, kann infolge von Artefakten dieses Bereiches nicht mit Sicherheit in eine äußere und eine innere Pia unterteilt werden.

An der Abrißstelle innerhalb des Neurothels lassen sich einige markscheidenhaltige Nervenfasern erkennen.

6.2.2 Elektronenmikroskopische Befunde

6.2.2.1 Pachymeninx

Das Periost ist als elektronendichte Zellschicht an der Dura mater verblieben. Die Dura mater propria besteht aus einer Vielzahl dicht gepackter kollagener Fasern in unterschiedlichen Richtungen, zwischen denen einzelne Fibrocyten zu liegen kommen. Das Neurothel schließt sich ohne besondere Zellverbindungen, bei unregelmäßigem Verlauf der Grenze, an. Es imponiert durch eine komplizierte Oberflächenmembranstruktur, deren zahlreiche Ausläufer mit denen benachbarter Zellen heftig interdigitieren bei vorwiegend paralleler Verlaufsrichtung. Die Interzellularräume sind von relativ geringer Weite, teils mit einem feingranulären Material erfüllt, teils optisch leer. Zellkontakte konnten im Neurothel nicht beobachtet werden. Die Zellorganellen beinhalten ein mäßig ausgebildetes rauhes endoplasmatisches Retikulum, zahlreiche kleine Mitochondrien, ribosomale Rosetten und Cytofilamente in mittlerer Anzahl. Der Zellkern ist zigarrenförmig, relativ chromatinreich mit hauptsächlich randständiger Anordnung. Nur wenige Heterochromatinansammlungen befinden sich im Nucleuszentrum.

6.2.2.2 Leptomeninx

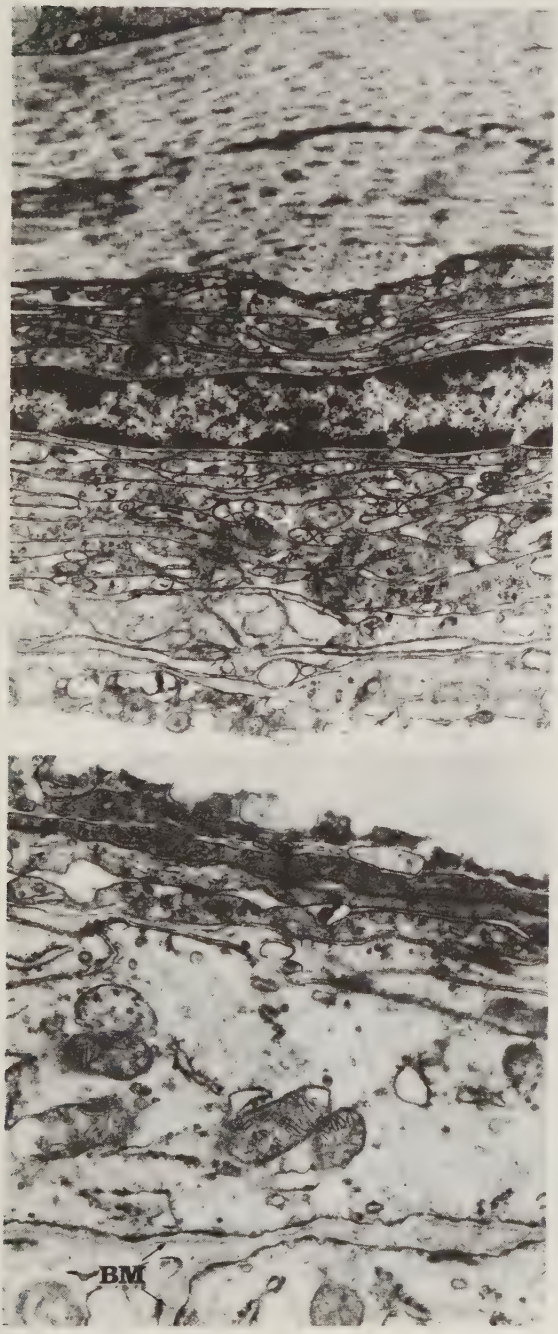
Die Grenze zwischen Pachy- und Leptomeninx stellt ein mehr oder weniger durchgehender Spalt dar, der stellenweise eine Annäherung der beteiligten Membranen erfährt und von einzelnen Zellverbindungen (Desmosomen) unterbrochen wird. Er enthält ein feingranuläres Material. Das elektronendichtere Neurothel läßt sich von der helleren äußeren Arachnoidea gut differenzieren. Der periphere Anteil der äußeren Arachnoidea ist durch starke Interdigitationen benachbarter Zellfortsätze in den verschiedensten Richtungen, durch zahlreiche Zellverbindungen (Desmosomen, gap junctions, tight junctions) sowie durch enge interzelluläre Räume gekennzeichnet, die ein feingranuläres Material enthalten. Die Zellkerne zeigen häufig unregelmäßige, gelappte und invaginierte Kontur; spärliches Heterochromatin ist vorwiegend randständig angeordnet. Das reichliche Cytoplasma dieser arachnoidalen Zellen enthält große, runde bis längliche Mitochondrien, wenig granuliertes endoplasmatisches Retikulum, freie Ribosomen und Cytofilamente in mäßiger Anzahl. An Kontaktstellen mehrerer Zellfortsätze werden häufig Desmosomen und tight junctions angetroffen. Als Abgrenzung zwischen dem peripheren, kollagenlosen Anteil der äußeren Arachnoidea und dem inneren, kollagenreichen Bestandteil befindet sich eine mehr oder weniger vollständige Basalmembran. Die Interzellularräume sind hier erweitert und mit Kollagen unterschiedlichster Ausprägung angefüllt, wobei kollagene Fasern überwiegen. Die Plasmamembranen der in vielen Richtungen verlaufenden Zellfortsätze weisen auch hier Verflechtungen untereinander auf und treten hauptsächlich über Maculae adhaerentes miteinander in Kontakt. Die Zellkerne sind mehr rund bis oval mit der schon beschriebenen Chromatinverteilung. In Rich-

tung auf den arachnoidalen Raum werden die Zellen cytoplasmaärmer bei zunehmender Ausweitung der Interzellularräume und Streckung der Zellkerne.

Die Arachnoidea des arachnoidalen Raumes ist durch spindelige Zellen mit langen Fortsätzen geprägt, die zumeist von einer Basalmembran unterlegt werden. Bei der Ummantelung von Blutgefäßen zeigen ihre Fortsätze zuweilen skurille Figuren. Die Membranen lassen eine intensive Vesikulation erkennen. Kernstruktur und Organellengehalt weisen keine Unterschiede zur äußeren Arachnoidea auf. Neben den typischen hellen arachnoidalen Zellen sind auch solche mit elektronendichten Nuclei und Cytoplasma sichtbar, in deren unmittelbarer Nähe manchmal Kollagenfibrillen, bei gleichzeitiger Unschärfe der Cytoplasmagrenzen, gesehen werden.

Die Pia mater ist morphologisch von der Arachnoidea kaum abzugrenzen, abgesehen von ihrer spezifischen Lage und einer etwas geringeren Tendenz der Zellfortsätze, miteinander zu interdigitieren. Auch elektronenmikroskopisch läßt sich dieser innere Bestandteil der Leptomeninx nicht mit Sicherheit in eine äußere und eine innere Pia differenzieren.

Abb. 1: Elektronenmikroskopisches Übersichtsbild der normalen Meningen bei der Katze über der Mantelkante des Großhirns. 1500x



Periost

Dura mater propria

Neurothel

Die Schnittstelle der Bildmontage gibt zugleich den Verlauf des präparationsbedingten, aber artefiziellen Abrisses wieder.

Interzellularspalt (Pfeile, groß) mit Desmosom (Pfeil, klein)

äußerer Anteil der äußeren Arachnoidea

Basalmembranen (BM)

innerer Anteil der äußeren Arachnoidea

Abb. 2: Einige Charakteristika der normalen cerebralen Arachnoidea der Katze

oben: Semidünnschnitt nach Epon(R)-Einbettung, Azur-Blau, 750x (Ölimmersion)

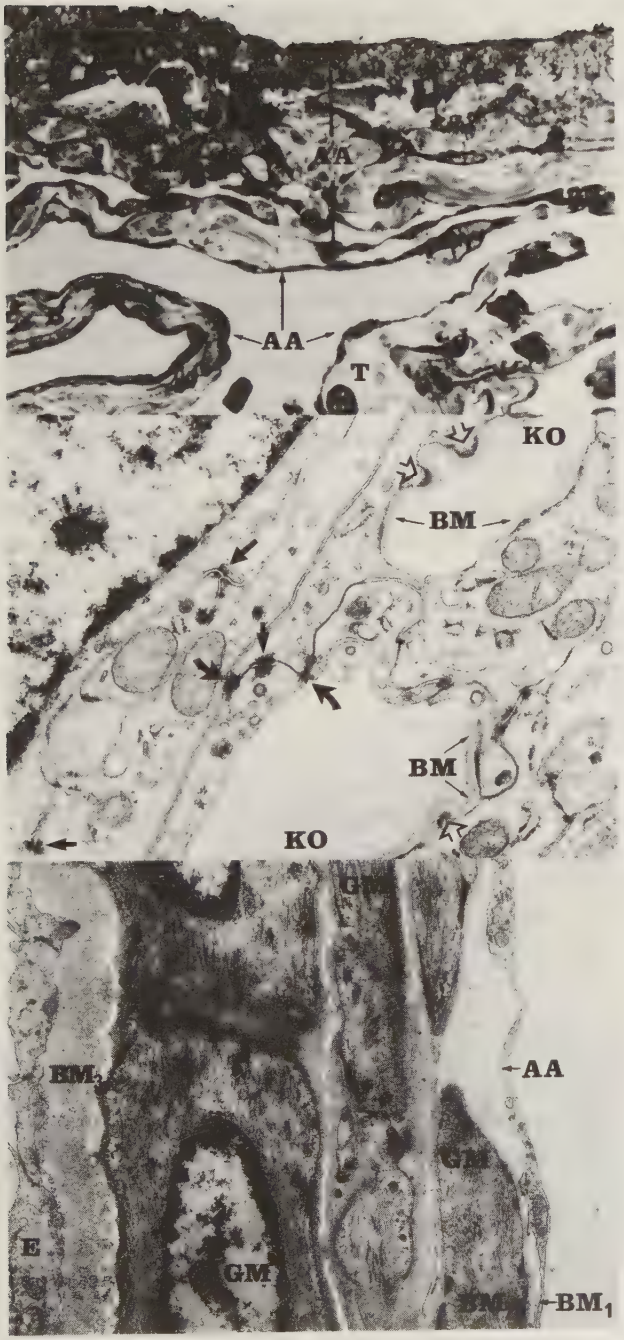
ÄA äußere Arachnoidea
AA Arachnoidea des arachnoidalen Raumes
B Blutgefäß (Arteriole)
T Trabekel

Mitte: Elektronenmikroskopisches Bild des Grenzbereiches zwischen äußerem und innerem Anteil der äußeren Arachnoidea, 30000x

BM Basalmembran
KO Kollagen
➔ tight junctions
➔ gap junctions
➔ Desmosomen
⇨ Hemidesmosomen

unten: Arteriole im arachnoidalen Raum, 7750x

AA Arachnoidea des arachnoidalen Raumes
BM_1 Basalmembran zu AA
BM_2 Basalmembran der glatten Muskelzellen
GM glatte Muskelzellen (dreischichtig)
BM_3 Basalmembran des Endothels
E Endothel


AA
AA
T
KO
BM
BM
KO
GM
BM2
AA
GM
E
GM
BM1

7. Kurzer Vergleich der Katzenmeninx mit der des Menschen und anderen Tierspezies

Grundsätzlich weisen die Hirnhäute der Katze die gleiche Schichtengliederung wie die vorher dargestellten Verhältnisse bei Mensch, Primaten, Labortieren und anderen (excl. Katze) Haussäugetieren auf. Einige für diese Spezies charakteristischen Eigentümlichkeiten sollen jedoch anhand von eigenen Untersuchungen und den wenigen diesbezüglichen Veröffentlichungen kurz zusammengestellt werden.

Wir konnten die Befunde von ANDRES (1966a und b; 1967a) bestätigen, daß das Neurothel der cerebralen Meninx ein vielschichtiges, heftig interdigitiertes ist, dessen Zellen allerdings, entgegen der Meinung des eben genannten Autors, über keinerlei Zellverbindungen miteinander in Kontakt treten. Die von KLIKA beschriebenen weiten kollagenreichen Lakunen des Neurothels fanden mit unseren Untersuchungen keine Bestätigung. Die teilweise erweiterten Interzellularräume enthielten vielmehr ein feingranuläres Material und waren völlig kollagenfrei. Diese Tatsache mag mit ein Grund für die leichte Destruierbarkeit des Neurothels (hier liegt die präparatorisch bedingte, aber artefizielle Abrißstelle!) sein. Ein sogenannter "Subduralraum" war dagegen nicht vorhanden. Der sonst als durchgehend bezeichnete, elektronendichte Interzellularspalt (ANDRES 1967a, 1966b) zwischen Pachy- und Leptomeninx erfuhr unseren Untersuchungen zufolge stellenweise eine Annäherung beider Anteile. Einzelne Zellkontakte (Desmosomen) konnten hier, ähnlich den Befunden von DERMIETZEL (er fand an der Katzenmeninx der Convexität und der Tela chorioidea in diesem Bereich hauptsächlich tight junctions) beobachtet werden. Die

äußere Arachnoidea imponiert in ihrem äußeren Anteil durch eine dichte Zellagerung, zahlreiche Zellverbindungen (tight junctions, gap junctions, Desmosomen und Hemidesmosomen) und durch das Fehlen von Kollagen (s.a. ABADÍA-FENOLL, 1969). Ihre Dicke variiert von zwei bis mehreren Zellagen. Eine Basalmembran bildet die Grenze zwischen peripherem und innerem Bestandteil (s.a. ANDRES, 1966b und 1967a). Der innere kollagenreiche Anteil scheint bei der Katze im Gegensatz zu anderen Spezies besonders stark ausgebildet zu sein. Die Arachnoidea des arachnoidalen Raumes kleidet diesen vollständig aus (s.a. ANDRES, 1966b und 1967a) und liegt, entgegen der Meinung des gerade erwähnten Autors, einer diskontinuierlichen Basalmembran auf. Die Pia mater konnte von uns bei der Katze nicht mit Sicherheit in eine innere und eine äußere Pia differenziert werden wie z.B. die Meninx der Ratte von KRISCH, LEONHARDT und OKSCHE. Auch kann die Ansicht von IIDA (1966), für den Kollagenreichtum der Arachnoidea und Pia mater seien Fibrocyten verantwortlich, von uns nicht geteilt werden.

8. MENINGOME

8.1 Einleitung

Nach den Schilderungen über die normalen anatomischen Verhältnisse der Hirnhäute bei Mensch und Katze soll nun zu den meningealen Tumoren übergegangen werden, die gemeinhin als Meningome bezeichnet werden. Hierbei erfolgt zunächst wiederum eine Darstellung der allgemeinen Situation beim Menschen, um im weiteren auf die detaillierte Beschreibung bei der Katze überzuleiten. Die Bezugnahme auf die humanmedizinische Kasuistik erhebt keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit, sondern umfaßt lediglich monographische Darstellungen.

8.2 Definition

Meningome stellen vorwiegend gutartige primäre Geschwülste aus Zellelementen der Meningen dar, die gegenüber dem Hirn ein expansives Wachstum zeigen, zumeist von einer Kapsel umgeben und in der überwiegenden Zahl der Fälle mit der Dura mater verhaftet sind.

8.3 Synonyme

Meningiom, Meningeom, Psammom, arachnoidales bzw. meningeales Fibroblastom, Fungus durae matris, Sarcoma, durales Endotheliom, Meningotheliom, Arachnotheliom, Leptomeningiom, Arachnoidendotheliom.

9. MENINGOME IN DER HUMANMEDIZINISCHEN LITERATUR

9.1 Kurzer geschichtlicher Überblick

Schon zu Anfang des 19. Jahrhunderts erregen die "Fungustumoren der Dura mater" erhöhte Aufmerksamkeit. Doch erst mit VIRCHOW (1900) beginnt eine systematische Beschreibung dieser Geschwülste. Er unterteilt die Neoplasien der Dura mater in folgende drei Gruppen:

1. Psammom
2. Sarkom
3. Endotheliom

Mit MALLORY (1920) wurde der Begriff des arachnoidalen bzw. meningealen Fibroblastoms eingeführt, der von PENFIELD (1927) ausdrücklich unterstützt wurde. Damit fanden die unterschiedlichen Standpunkte über die Histogenese dieser Tumoren (Meningocyt bzw. Fibroblast als möglicher Ausgangspunkt) in der Namensgebung ihren Ausdruck. Erst von CUSHING wird um 1922 die Bezeichnung "meningioma" geprägt, die sich bis zum heutigen Zeitpunkt, abgesehen von der unterschiedlichen Schreibweise, durchgesetzt hat. Wir bevorzugen den Begriff "Meningom", da der Wortstamm "Mening" des ursprünglich verwendeten "Meningotheliom" lediglich durch die für gutartige Geschwülste übliche Endung "om" ergänzt wird (s.a. HENSCHEN, 1955).

9.2 Häufigkeit

Die Hirnhauttumoren stehen beim Menschen nach Häufigkeit des Auftretens intracranieller Geschwülste nach den

Gliomen an zweiter Stelle. Regionale Unterschiede scheinen bei der Zahl der beobachteten Meningomfälle eine Rolle zu spielen. So fand DASTUR (1967) in seiner indischen Sammlung nur 10,1 % und ITO (1958) in Japan sogar nur 9,1 % Meningome unter den intracraniellen Tumoren, wohingegen sich die entsprechenden Zahlen bei CUSHING (1935) auf 13,4 %, bei ZIMMERMAN (1971) auf 15,4 % und bei ZÜLCH (1956) auf 18,2 % belaufen. Der Durchschnitt soll nach ZIMMERMAN 17,4 % betragen. Dabei dienten 10.462 in der Literatur beschriebene Meningomfälle als Grundlage. Daneben scheint eine gewisse Rassendisposition für die weiße Bevölkerung zu bestehen. CUSHING (1922) hob hervor, daß Menschen schwarzer Rassen nur außerordentlich selten an Meningomen erkranken. Auch PROCTOR (1955) fand Meningome und Astrocytome bei Europäern fünf- bis sechsmal so häufig wie bei Bantunegern.

9.3 Geschlechtsverhältnis

Als auffallend kann die eindeutige Bevorzugung des weiblichen Geschlechts bei allen Untersuchern genannt werden. Der Grad der Prädilektion reicht von einem Verhältnis von 2:1 (LAPRESLE et al., 1952) bis 5:4 (ZÜLCH, 1956). Eine mögliche hormonelle Beteiligung wird seit einiger Zeit heftig diskutiert. ZIMMERMAN verweist auf einen möglichen Zusammenhang zwischen Schwangerschaft und dem Einsetzen der Krankheitssymptomatik durch Meningome.

9.4 Altersverteilung

Meningome sind Tumoren, die vorwiegend während der letzten beiden Lebensdrittel klinisch in Erscheinung treten.

Ein mittleres Alter von 46,6 Jahren wurde von CUSHING (1922) ermittelt, wobei Frauen durchschnittlich nahezu zehn Jahre früher erkranken als Männer. Die graphische Darstellung der Altersverteilung von HENSCHEN verläuft beim weiblichen Geschlecht zweigipflig mit einem ersten "peak" bei 45 Jahren (entspricht den Verhältnissen bei den Männern) und einem zweiten bei 75 Jahren, der durch eine außerordentlich hohe Zahl kleiner, klinisch belangloser Meningome bestimmt wird.

9.5 Causale Genese

In den älteren Arbeiten steht das Trauma als möglicher ätiologischer Faktor bei der Entstehung des Meningoms im Vordergrund. So fanden CUSHING und EISENHARDT (1962) bei nahezu einem Drittel ihres Patientengutes mit Meningomen ein ausreichend belegtes Trauma in der Anamnese. Wenn auch die Traumagenese der Hirnhauttumoren später etwas zurückhaltender beurteilt wird, kann sie doch von einigen Untersuchern nicht ausgeschlossen werden (ZÜLCH, 1956; HENSCHEN ; RUSSELL und RUBINSTEIN , 1977) , zumal in einigen Fällen mit dem Nachweis eines Fremdkörpers aus früherer Verletzung inmitten eines Meningoms geradezu ein Beweis erbracht wurde. Daneben wurde die Möglichkeit eines chronischen Reizes in Form einer Pachymeningitis tuberculosa als Wegbereiter für Meningome angesehen (CUSHING, 1922). Eine frühere Strahlenbehandlung nach einer Pilzerkrankung wird von RUSSELL und RUBINSTEIN in eine mögliche causale Beziehung mit einem malignen Meningom gebracht.

In den letzten Jahren wurde der Frage einer Virusgenese der Hirnhauttumoren eingehend nachgegangen. Bei der überwiegenden Zahl der untersuchten Meningome konnte eine

für diesen Tumortyp spezifische Chromosomenaberration festgestellt werden: Der völlige oder partielle Verlust des Chromosoms 22 (ZANKL, 1979). Da vorwiegend Chromosomen mit Nucleolusorganisatoren betroffen sind, ergibt sich eine gravierende Ähnlichkeit mit den durch Simian-Virus 40 hervorgerufenen Aberrationen an in vitro transformierten menschlichen Zellen. Darüber hinaus gelang es WEISS et al. (1975) bei vier Meningomen ein SV-40-Tumor-Antigen nachzuweisen, und es konnten aus diesen Tumoren SV-40-ähnliche Viren durch Zellhybridisierung freigesetzt werden (WEISS et al., 1976). Nach ZANKLs Auffassung wäre dies ein sehr deutlicher Hinweis auf die Virusgenese des Meningoms, wenn sich diese Befunde an einem größeren Material bestätigen lassen würden.

9.6 Lokalisationen der Meningome

Hirnhauttumoren lassen sich zunächst in intracranielle und in spinale Geschwülste unterteilen. Darüber hinaus sind jedoch bestimmte Lieblingssitze der Meningome im Kopfbereich auffällig. Die möglichen Lokalisationen sollen nun kurz Erwähnung finden. Es wurde dabei die Einteilung von CUSHING (1922), modifiziert nach ZÜLCH (1956), zugrundegelegt, deren Gruppen in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit geordnet sind.

1. Sinus sagittalis (parasagittal)
2. Convexität
3. Keilbein und Fossa Sylvii
4. Olfactoriusgrube (Siebbeinplatte)
5. Tuberculum sellae (suprasellär, vorderer Sehnervenwinkel)
6. Tentorium (peritorculär)

7. temporale Schädelbasis und Cavum Meckeli
8. Falx
9. Brückenwinkel
10. Ventrikel
11. Clivus (craniospinal)
12. Spinalkanal (spinal)

Zu 1.:

Diese Gruppe umfaßt die häufigste Lokalisation und läßt sich in Meningome des vorderen (frontodorsal), des mittleren (parietodorsal) und des hinteren (occipitodorsal) Drittels unterteilen. Die Hirnhauttumoren des mittleren Drittels des Sinus sagittalis superior sind dabei am häufigsten vertreten. Neben dieser innigen Beziehung zum Sinus sind die parasagittalen Meningome meistens mit der Falx cerebri geweblich verbunden.

Zu 2.:

Meningome dieser Lokalisation weisen im Gegensatz zu jenen der ersten Gruppe keine Verbindung mit dem Sinus sagittalis auf. Eine scharfe Trennung dieser beiden Lokalisationen ist dennoch nicht immer möglich. Entgegen den Falxmeningomen stehen die der Convexität in keinerlei Beziehung zur Falx cerebri, sondern sind von dieser durch eine Schicht Hirngewebe abgegrenzt. Eine weitere Unterteilung in frontale, parietale (temporale) und occipitale Geschwülste ist üblich.

Zu 3.:

In diesem Bereich gehen die Hirnhauttumoren von den Meningen des Keilbeins aus und bilden unter den basalen Meningomen die größte Gruppe. Hinsichtlich ihrer Lage zum Keilbeinflügel werden äußere (pterionale), mittlere und innere Tumoren unterschieden. Sie werden häufig von

hyperostotischen Veränderungen begleitet.

Zu 4.:

Hier setzen die Tumoren an der Basis direkt hinter der Christa galli neben dem Bulbus olfactorius an.

Zu 5.:

Hierbei handelt es sich um meist median gelegene Tumoren, die sich im vorderen Chiasmawinkel vom Tuberculum sellae nach oben entwickeln. Bisweilen können Meningome, die am innersten Winkel der Orbita in der Nähe des Foramen opticum ihren Ursprung nehmen, die Durascheide des Fasciculus opticus umwachsen.

Zu 6.:

In dieser Gruppe unterscheidet man die supra- und die infratentoriell gelegenen Meningome. Eine Ausdehnung in beiden Richtungen soll gelegentlich vorkommen (BOLDREY, 1971). Die peritorculären Tumoren, ausgehend von den Meningen im Winkel zwischen Falx und Tentorium cerebelli längs dem Sinus rectus, bilden nach HENSCHEN den größten Teil dieser Gruppe.

Zu 7.:

Tumoren dieses Bereiches stellen Übergangsformen zwischen Hirnhauttumoren des Brückenwinkels, des Keilbeins und des Cavum Meckeli dar. Letztere sitzen sattelförmig über oder neben der Felsenbeinspitze.

Zu 8.:

Hier setzt das Tumorgewebe an der Falx cerebri an und wird, entgegen den parasagittalen Meningomen, nach oben an der Convexität vollständig von einem Mantel von Hirngewebe umgeben. Die Haftstelle liegt dabei basaler als der Sinuswinkel. Der untere Falxbereich nahe dem Sinus

sagittalis inferior soll häufiger betroffen sein, wobei ein Schnittpunkt zwischen vorderem und mittlerem Drittel eine bevorzugte Lokalisation darstellt. Die Falxmeningome können infolge ihrer häufigen Doppelseitigkeit immense Ausmaße annehmen und zu grotesken Hirnverlagerungen führen, deren klinische Symptomatologie zuweilen erst spät offenbar wird.

Zu 9.:

Der definitive Sitz der Meningome betrifft hier die mediale Kante der vorderen Pyramidenspitze mit Ausdehnung in Richtung auf den Brückenwinkel. Makroskopisch bereitet ihre Unterscheidung von den Neurinomen mitunter Schwierigkeiten bei einem Zahlenverhältnis von 1:15 zugunsten der Neurinome.

Zu 10.:

Diese Meningome nehmen insofern eine Sonderstellung ein, als sie keinerlei Verhaftung mit der Dura mater aufweisen. Sie stehen dagegen in inniger Verbindung mit der Tela chorioidea des Plexus chorioideus. Alle vier Hirnventrikel können mit Meningomen behaftet sein. In ihrer Häufigkeit stehen die Tumoren der Seitenventrikel beim Menschen im Vordergrund, wobei nach ABBOTT und COURVILLE (1942) eine deutliche Prädilektion des linken Ventrikels besteht. Hirnhauttumoren des dritten und vierten Ventrikels sind beim Menschen hingegen außerordentlich selten.

Zu 11.:

Diese seltenen Meningome nehmen ihren Ursprung medial oder lateral vom Clivus. Da sie sich mit einem zapfenförmigen Fortsatz in den Spinalkanal vordrängen können, werden sie auch als "craniospinale" Meningome bezeichnet.

Zu 12.:

Spinale Meningome treten zahlenmäßig gehäuft im Thorakalbereich auf. Ihre Ausdehnung kann sich über mehrere Segmente erstrecken. Differentialdiagnostisch sind auch hier die Wurzelneurinome zu nennen, die in dieser Lokalisation in ähnlicher Frequenz angetroffen werden. Auffallend ist, daß das weibliche Geschlecht mit spinalen Meningomen besonders häufig behaftet ist. So sah RUBINSTEIN (1972) Frauen viermal so häufig betroffen wie Männer. LAPRESLE et al. fanden unter 21 Meningomträgern im Spinalbereich nur einen einzigen männlichen Vertreter. Insgesamt beträgt der Anteil der Hirnhauttumoren des Spinalkanals etwa ein Fünftel der Gesamtheit der Meningome.

9.7 Makroskopisches Erscheinungsbild

9.7.1 Gestalt

Nach ihrer äußeren Form werden folgende drei Typen unterschieden:

1. der kugelige Typ
2. der gelappte oder knollige Typ
3. der flächen- oder rasenförmig wachsende Typ ("les meningomes en plaques")

Zu 1.:

Der kugelige Typ ist insgesamt am häufigsten anzutreffen. Er ist meist von einer Kapsel der weichen Hirnhäute umgeben und zeigt gegenüber der Hirnsubstanz eine gute Abgrenzung. Das Wachstum des Tumors ist verdrängend und kann je nach Ausdehnung zu ausgeprägten Druckatro-

phien und Ödemen des Zentralorgans führen. Seine Oberfläche ist meist von glatter Beschaffenheit.

Zu 2.:

Dieser Typus wird durch ein mehr oder weniger stark geprägtes Oberflächenrelief charakterisiert. Die Gestaltung reicht dabei von zarten Furchen über tiefere Einziehungen und fein- bis grobhöckerige Konturen bis hin zur ausgeprägten Maulbeerform. Das Verhalten gegenüber dem Zentralorgan kann expansiv oder infiltrativ sein.

Zu 3.:

Eine nur wenig erhabene, sich flächenhaft ausbreitende Tumormasse mit hoher Infiltrationsneigung zeichnet diese besondere Meningomform aus. Sie ist vorwiegend in basaler Lokalisation, wie z.B. im Keilbeinbereich, gelegentlich auch an der Convexität anzutreffen.

9.7.2 Größe

Der Umfang der Meningome kann ein Spektrum von Stecknadelkopfgröße bis zu immensen Ausformungen umfassen. Die durchschnittlich erreichte Größe ist beim Menschen mit zunehmend verbesserter Operationstechnik stark gesunken. Dennoch können diese langsam wachsenden Tumoren in "stillen Lokalisationen" einen erheblichen Umfang annehmen, ohne klinische Symptome hervorzurufen. Nicht selten stellen klinisch belanglose, stecknadelkopf- bis erbsengroße Meningome Zufallsbefunde bei Autopsien dar.

9.7.3 Farbe

Die Farbe der Meningome richtet sich nach dem histologischen Aufbau des Tumors und nach der Art der Materialentnahme (z.B. Operationsgut: frische dunkelrote Fleischfarbe; ZOLCH, 1956). Die bindegewebsreichen Typen sind blaßgrau bis grauweiß. Gefäßreichtum schlägt sich in rosa bis bläulichen Farbschattierungen nieder, während Kalkreichtum dem Tumor ein kreidiges Aussehen verleiht. Eine mehr gelbliche Nuancierung deutet auf isotrope oder anisotrope Verfettungsvorgänge hin.

9.7.4 Konsistenz

Sie spiegelt ebenfalls das histologische Bild des Meningoms wider. Die zellreichen Typen sind im allgemeinen weich. Zunehmender Faserreichtum äußert sich in einer harten Konsistenz bis hin zu einer keloidartigen Beschaffenheit. Die relativ seltenen cystischen Varianten lassen eine weiche fluktuierende Tumormasse entstehen und ein Reichtum an Psammomen oder anderen Kalkeinlagerungen verleiht dem Meningom eine sandige Konsistenz.

9.8 Verhaltensweisen der Meningome

9.8.1 Verhalten gegenüber den Meningen

Die Mehrzahl der Meningome weist eine mehr oder weniger breite Haftstelle mit der Pachymeninx auf. COURVILLE hat 1950 vier Typen hinsichtlich ihrer Verbindung mit der Dura mater differenziert:

1. Meningom mit breiter Verbindung mit der Dura mater
2. Tumor mit gestielter Haftstelle (hauptsächlich parasagittal und spinal)
3. flächenhaftes Meningom
4. Tumor ohne Verbindung mit der Pachymeninx (intraventrikuläre Meningome und die der Fissura Sylvii)

Die Beschaffenheit der Meningomkapsel variiert nach ZÜLCH (1956) mit der Tumorform. So fand er bei kugeligen Blastomen eine der Dura mater in Dicke und Bau ähnliche Kapsel. Bei gelappten Formen sei die dünne Umhüllung von der Pia-Arachnoidea dagegen nicht zu unterscheiden. Im Gegensatz hierzu betrachten RUSSELL und RUBINSTEIN die Kapsel als reine Bildung der Leptomeningen. Die inneren Kapselschichten und die darunterliegenden Bereiche sollen nach ZÜLCH (1956) durch einen besonderen Gefäßreichtum gekennzeichnet sein.

Auf die schon viele Jahrzehnte währende Streitfrage, ob die Meningome primär aus der Arachnoidea hervorgehen und nur sekundär mit der Dura mater verschmelzen oder aber, ob sie im Neurothel ihren Ursprung nehmen, soll später in der Diskussion ausführlich eingegangen werden.

9.8.2 Verhalten gegenüber dem ZNS-Gewebe

Meningome sind vorwiegend benigne, gut abgekapselte Geschwülste, die die schützende Barriere der Pia mater nur selten durchbrechen. Die korrespondierenden Hirnteile werden verdrängt und können infolge der massiven Kompression grotesken Deformationen anheimfallen. Die makroskopisch erkennbare Hirnatrophie äußert sich histologisch häufig in einem Hirnödem unterschiedlichen Grades. Von

ZÜLCH (1956) wird darüber hinaus eine progressive Reaktion der Astrocyten beschrieben, die an Zahl und Umfang zunehmen und Filze bilden. Stellenweise wurden diese Bereiche von Rundzellinfiltraten begleitet.

Daneben kommen finger- bzw. zungenförmige Fortsätze des Tumorgewebes ins Zentralorgan entlang pialer Gefäße unter Sprengung der Piabarriere vor. Sie stellen jedoch nicht unbedingt ein Kriterium für Malignität dar. ESSBACH (1943) betont, daß an den infiltrativ erscheinenden, aufgelockerten Zellformationen fast immer ein zartes Bindegewebshäutchen zwischen Tumor- und Hirngewebe gefunden werden konnte. Allgemeingültige Richtlinien für die Beurteilung von Gut- bzw. Bösartigkeit könnten nicht ohne weiteres für Meningome übernommen werden (HENSCHEN). Anders sei dagegen das diffus infiltrierende Wachstum der rasenförmigen Meningome zu beurteilen, die fast immer auf eine gewisse örtliche Bösartigkeit hinwiesen.

9.8.3 Verhalten gegenüber dem Schädelknochen

Als Ausdruck einer örtlichen Einflußnahme der Meningome auf das angrenzende Knochengewebe im Schädelbereich kommen hyperostotische und osteolytische Veränderungen vor. Erstere sind häufiger anzutreffen und treten vor allem bei den flächenhaften Meningomen des Keilbeins, aber auch bei den parasagittalen Hirnhauttumoren und denen der Convexität auf. Die lokale Verdickung des Knochens kann von einer Invasion von Tumorzellen über die HAVERSschen Kanäle begleitet sein. Darüber hinaus wurden Hyperostosen ohne Infiltration in angemessener Entfernung vom

Meningom beschrieben (BOLDREY). Galea und Knochennähte scheinen nach Auffassung von ZÜLCH (1956) Hindernisse darzustellen. Der Gesichtsmuskulatur kommt dagegen eine derartige Funktion nicht zu, so daß eine Infiltration des M. temporalis gelegentlich anzutreffen ist.

Ihrer Form nach sind flächenhafte Hyperostosen von der dornähnlichen Spicula zu unterscheiden, deren Abdruck auf dem Meningom manchmal als zentrale Delle oder Nabel sichtbar wird.

Die ziemlich seltenen örtlichen osteolytischen Vorgänge werden im Sinne einer Druckatrophie gedeutet. Die Ausmaße derartiger knochenauflösender Prozesse reichen von leichten Arrosionen bis zur Perforation des Schädeldaches.

Eine genaue Differenzierung über die Art der Knochenveränderungen geben CUSHING und EISENHARDT mit ihren 8 Varianten:

1. gesteigerte Vaskularisation und vermehrte Porosität der Diploë
2. begrenzte Druckatrophie
3. begrenzte innere Hyperostose (häufigste Form)
4. von außen sichtbare Knochengeschwulst
5. kompakte Hyperostose bei rasenförmigen Meningomen, wobei Geschwulstzellen nur schwer nachweisbar sind
6. äußere und eventuell innere Hyperostose mit Massen von Meningomzellen in den HAVERSschen Kanälen
7. Schwund des Knochengewebes an der Außenseite bei zunehmender Infiltration: Entwicklung zu einem extracraniellen Meningom unter der Galea

8. Ersatz der zentralen Hyperostose durch Tumormasse

Über die Natur dieser Knochenalterationen ist heftig diskutiert worden. Dabei steht die Interpretation als sekundäre Erscheinung zum Meningom im Vordergrund.

Insgesamt fand CUSHING (1922) bei einem Viertel seiner untersuchten Meningome eine Knochenveränderung.

9.9 Mikroskopisches Erscheinungsbild - Klassifizierung

Die Bemühungen um eine systematische Ordnung der Meningome endeten in einer Vielzahl von Klassifizierungen nach den unterschiedlichsten Gesichtspunkten. So unterteilte OBERLING (1922) die Hirnhauttumoren erstmals aufgrund der Zellularstruktur der Meningen. BAILEY und BUCY (1931) schufen ein System von neun Typen, basierend auf der dominierenden Zellfunktion, die das Bild des jeweiligen Tumortypus prägt:

1. mesenchymal, 2. angioblastisch, 3. meningotheliomatös, 4. psammomatös, 5. osteoblastisch, 6. fibroblastisch, 7. melanoblastisch, 8. sarcomatös, 9. lipomatös.

Mehr als 95 % der von ihnen untersuchten Tumoren waren dabei den drei Hauptkategorien (3, 4 und 6) zuzuordnen. GLOBUS (1937) stellte hingegen phylo- und ontogenetische Kriterien in den Vordergrund. Eine Differenzierung nach Art der Hauptzellkomponente (meningocytisch, fibroblastisch, gemischt) und nach diversen sekundären Komponenten haben LAPRESLE et al. vorgenommen. Schließlich sind noch CUSHING und EISENHARDT zu nennen, die mit neun Typen und 20 Varianten eine detaillierte, wenngleich ein

wenig verwirrende Systematik der Meningome schufen. Eine weitaus klarere Klassifizierung wurde von RUSSELL und RUBINSTEIN (1977) mit folgender Unterteilung geschaffen:

1. syncytiales M.
2. transitionales M.
3. fibroblastisches M.
4. angioblastisches M.
5. sarcomatöses M.

Daneben finden die nachfolgend - genannten Varianten Berücksichtigung: 1. xanthomatöse Veränderungen, 2. Melanin, 3. Knochen und Knorpel, 4. myxömatöse Veränderungen, 5. Riesenzellen, 6. Plasmazellen und lymphatische Follikel.

Die WHO-Richtlinien für Tumorklassifizierung (ZÜLCH, 1979) sehen neun Subtypen der Meningome vor, wobei der psammomatöse Typus als Sonderform definiert wird. Im weiteren wird ein angiomatöses Meningom von den hämangioblastischen und den hämangiopericytischen (entsprechen zusammen dem angioblastischen M.) unterschieden. Die Untergruppe der papillären (papillomatösen) Meningome komplettieren diese Richtlinien. Da weder angiomatöse oder angioblastische noch papilläre Subtypen bei der Katze jemals beschrieben wurden und auch unsere eigenen Fälle kein derartiges histologisches Muster aufweisen, sollen sich nachfolgende Ausführungen weitgehendst auf die drei Hauptformen der Meningome beschränken.

1. Das meningotheliomatöse Meningom (Syn. endotheliomatöses, syncytiales M.)

Große, runde bis polygonale Zellen, deren Zellgrenzen nicht deutlich hervortreten, prägen diesen histologischen

Typus. Zellreichtum und zelldichte Anordnung in Schichten, Inseln, Haufen oder Nestern verleihen dem Gewebe, im Verein mit der eben genannten Eigenschaft, das Bild eines Syncytiums. Die zentral gelegenen Zellkerne sind rund bis oval, vesikulär, mit einem zarten, vorwiegend gleichmäßig verteilten Heterochromatinnetz, das jedoch gelegentlich die Tendenz einer randständigen Formation erkennen läßt. Zwei bis drei Nucleoli sowie Kerninvaginationen können häufig beobachtet werden. Das Karyoplasma ist blaß und wird von einer regelmäßig verlaufenden zarten Kernmembran begrenzt. Das reichliche Cytoplasma ist homogen bis feingranulär. Ein nur spärlich ausgebildetes Stroma aus Retikulin-, Elastin- und Kollagenfasern unterteilt im Verein mit den Gefäßen den Tumor in ungleichgroße Lobuli. Gelegentlich können ein- oder mehrkernige Riesenzellen beobachtet werden. Die Tendenz zur Wirbelbildung besteht auch bei diesem Typus, findet jedoch erst bei dem folgenden seine volle Ausprägung. Als Abgrenzung gegenüber dem fibrösen Meningom sei noch das völlige Fehlen der "fibroglia" (MALLORY, 1920) genannt.

2. Das übergangszellige Meningom (Syn. transitional, verticellate, mixed meningioma; psammomatöses M.)

Während ZÜLCH (1979) in der WHO-Classifikation einen gesonderten psammomatösen Typ herausstellt, gibt es für RUSSELL und RUBINSTEIN kein "überzeugendes Argument" für diese Sondergruppe, da die Frage der Dominanz von Wirbeln oder Psammomkörpern infolge fließender Übergänge häufig nicht zu klären ist.

Das histologische Bild des übergangszelligen Meningoms wird beherrscht von eng aneinander gelagerten Zellen, die sich zu konzentrischen Wirbeln formieren, deren Querschnitt an ein Zwiebelschalenmuster erinnert. Dazwischen ordnen sich spindelartige Zellen zu verflochtenen Bün-

deln an. Ihr Cytoplasma offenbart einen reichlichen Gehalt an "fibroglialen Fasern". Die Kernstruktur ist jedoch der der großen polygonalen Zellen des übergangszelligen Meningoms ähnlich. Die in wechselnder Zahl vorhandenen Wirbel werden von LAPRESLE et al. in drei Gruppen unterteilt:

1. der syncytiale oder plasmoidale Wirbel
2. der locker-maschige Wirbel
3. der kleine konzentrische Wirbel

Das Zentrum eines Wirbels kann von einer Kapillare, von einigen Zellen oder von einem Kollagen-Agglomerat gebildet werden. Die in wechselnder Zahl vorhandenen Wirbel können unterschiedlichen Degenerationsprozessen unterliegen, die offensichtlich im Mittelpunkt eines Wirbels mit einer Hyalinisierung beginnen. Eine vermutlich sekundäre Ablagerung von Calcium-Salzen läßt die eindrucksvollen Psammomkörper entstehen.

Durch Konfluieren derartiger Psammome können große verkalkte Komplexe entstehen, deren konzentrische Substrukturen teilweise erhalten bleiben. Daneben sind auch unregelmäßig angeordnete Kalkplatten und -nadeln (= verkalkte Kollagenstrukturen!) in großer Anzahl möglich, die zusammen mit den Psammomkörpern dem Tumor eine harte, nur mit Mühe schneidbare Beschaffenheit verleihen. Auf die Histogenese der Psammomkörper soll später in der Diskussion noch näher eingegangen werden.

Von den Psammomen klar zu differenzieren sind die vorwiegend intrazellulär gelegenen eosinophilen, hyalinen Einschlüsse, die von KEPES (1961a, 1975) beschrieben worden sind.

Insgesamt machen die ersten beiden Meningomtypen bei RUSSELL und RUBINSTEIN nahezu zwei Drittel aller Hirnhauttumoren aus.

3. Das fibröse Meningom (Syn. fibroblastisches, fibromatöses M.)

Das fibröse Meningom setzt sich aus zwei unterschiedlichen, mengenmäßig nahezu gleichen Anteilen zusammen:
1. einer zellulären Komponente, bestehend aus parallelen oder verflochtenen Bündeln spindelartiger Zellen und
2. einer ausgeprägten Stroma-Komponente, in Form reichlicher (extrazellulärer) Retikulin- und Kollagenfasern.
Die langgestreckten Zellen haben mit ihren schlanken, zigarren- oder stäbchenförmigen dunklen Kernen, dem spärlichen Cytoplasma und den mit Silber imprägnierbaren, halbspindeligen Fortsätzen das Aussehen von Fibroblasten. Die Kernstruktur entspricht jedoch wiederum der der meningotheliomatösen Meningomzellen. Der Gehalt an "fibroglialen Fasern" ist besonders markant. Die parallele, teilweise echte Palisadenstellung vortäuschende oder verflochtene, sich häufig kreuzende Anordnung dieser Zellen wird begleitet von dicken Kollagen- und Retikulinfasern zwischen den einzelnen Zellen. Dieses Bild steht in krassem Gegensatz zu dem des meningotheliomatösen Typus, bei dem das fibröse Stroma auf die den Tumor unterteilenden Trabekel beschränkt bleibt. Das fibröse Meningom kann darüber hinaus von breiten Stromabalken in verschiedenen Richtungen durchzogen werden. Typische Wirbelformationen kommen auch vor, sind jedoch meist von lockerer Struktur ("loose-meshed whorls"). Daneben sind sowohl einzelne meningotheliomatöse Areale als auch Psammomkörper möglich.

Die lichtmikroskopische Differenzierung der drei genannten Meningomtypen bereitet häufig Schwierigkeiten, da fließende Übergänge bestehen. So sind innerhalb eines Tumors Areale mit den unterschiedlichen histologischen Typen keine Seltenheit.

4. Das angioblastische Meningom (Syn. hämangioblastisches, hämangiopericytisches M.)

Das angioblastische Meningom erhält durch zahlreiche Kapillarsprossen und Gefäßkanälchen unterschiedlicher Reifestadien seine histologische Charakterisierung. Daneben zeichnet es sich durch Zellreichtum und ein ausgeprägtes Retikulinfasernetz in den Gefäßwänden und im Tumorstroma aus. Die Zellen sitzen den Kapillaren und den Gefäßen auf und sind denen des meningotheliomatösen Meningoms sehr ähnlich. Mitosen, Pleomorphismus der Zellen und Zellkerne sowie andere Atypien sind häufig und verleihen dem angioblastischen Meningom damit oftmals Kriterien, die sich gegenüber dem vorwiegend gutartigen Wachstumsverhalten der anderen Typen deutlich abheben.

5. Das sarcomatöse Meningom (Syn. atypisches, malignes M.)

Hierbei handelt es sich um eine Übergangsform zu den seltenen primären Sarcomen der Meningen mit deutlichen Zeichen der Malignität wie Zellpolymorphie, zahlreichen Mitosen, aggressivem Wachstum und Metastasierung. Lymphohämatogene Metastasen scheinen sich bevorzugt in der Lunge abzusiedeln und sollen den Weg über den arachnoidalen Raum nehmen (BOLDREY).

Von den von RUSSELL und RUBINSTEIN zitierten histologischen Varianten erscheinen uns die xanthomatösen Veränderungen und das Vorkommen von Plasmazellen und lymphatischen Follikeln im Hinblick auf ähnlich gelagerte, eigene Beobachtungen an der Katze interessant.

Xanthomatöse Veränderungen sollen bei angioblastischen, aber auch bei meningotheliomatösen und fibrösen Meningomen zu beobachten sein. Die mit anisotropen, sudanophilen Lipiden angefüllten Schaumzellen werden im Sinne

eines Speicherphänomens interpretiert und von den mit Kerndegenerationen einhergehenden isotropen Verfettungsvorgängen, die häufig in größeren Meningomen vorkommen, abgegrenzt.

Die "ungewöhnlich zahlreichen Foci von Plasmazellen und Lymphfollikeln", die große Gebiete amyloiden Materials einschließen, wurden als sekundäre Komponente in Form einer ungewöhnlichen immunologischen Reaktion gedeutet.

9.10 Zusammenspiel der Meningome mit anderen Hirntumoren

Im Verlaufe der v. RECKLINGHAUSENschen Neurofibromatose sind (häufig multiple) Meningome mit anderen Hirntumoren wie Gliomen, Neurinomen, Ependymomen u.a. anzutreffen. Daneben werden auch Kombinationen mit Beteiligung von Meningomen beschrieben ohne weitere Hinweise auf eine Neurofibromatose. So beschreiben RUSSELL und RUBINSTEIN die ansonsten seltene Assoziation von Meningomen und Gliomen (Glioblastoma multiforme) in fünf Fällen. Da es sich hierbei um die zwei häufigsten Hirntumoren handelt, wird diese Kombination von den Autoren als Zufallsereignis betrachtet. Das Zusammentreffen von Meningomen mit Schwannomen ist von ihnen bei zwei Fällen beobachtet worden. Mischtumoren mit typischen Arealen von fibrösen Meningomen und Nervenscheidentumoren werden von FEIGIN (1978) in zwei Fällen und von SHUANGSHOTI et al. (1971) in vier Fällen dargestellt. Die Untersucher gehen dabei von einem gemeinsamen mesenchymalen Ursprung beider Tumoren aus: Aus den multipotenten mesenchymalen Zellbestandteilen sollen die in einigen Kriterien einander ähnelnden Differenzierungen zum fibrösen Meningom und zum Nervenscheidentumor bzw. Neurilemmom (Schwannom)

entstehen. ZÜLCH (1956) erwähnt den Fall eines rezidivierenden chromophoben Adenoms der Hypophyse kombiniert mit einem frontalen Convexitätsmeningom. Am Kleinhirnbrückenwinkel wurde von LAPRESLE et al. ein Meningom verbunden mit einem Ependymom gefunden. Metastasen von Malignomen aus anderen Organen können im gesamten Hirnbereich gemeinsam mit Meningomen auftreten, sollen jedoch besonders in der eben genannten Lokalisation vorkommen (LEESTMA, 1980).

9.11 Elektronenmikroskopisches Erscheinungsbild der Meningome

In einer ultrastrukturellen Studie über Hirntumoren hat LUSE (1960) erstmals auch die Charakteristika der Feinstruktur von Meningomen herausgestellt. In den folgenden Jahren wurden von KEPES (1961b), GUSEK, RAIMONDI et al. (1962), ISHIDA et al. (1964), NAPOLITANO et al. (1964), CERVOS-NAVARRO (1966), CERVOS-NAVARRO und VAZQUEZ (1969), RUBINSTEIN (1972), RUSSELL und RUBINSTEIN (1977), HUMEAU et al. (1979) und TEDESCHI et al. (1981) weitere komplexe Untersuchungen über die Ultrastruktur der Meningome durchgeführt. Übereinstimmend wurden die drei Phänomene

1. ausgeprägte Interdigitationen benachbarter Plasmamembranen
2. Reichtum an intracytoplasmatischen Filamenten
3. häufiges Vorkommen von Desmosomen

als Charakteristika der Hirnhauttumoren genannt. Im folgenden sollen zunächst die einzelnen elektronenmikroskopischen Befunde der Meningome anhand von Untersuchungen meningotheliomatöser Typen dargestellt werden. Im

Anschluß daran finden einige Besonderheiten der fibrösen Meningome sowie Spezialstrukturen (junctions, Einschlüsse) Erwähnung.

9.11.1 Elektronenmikroskopische Befunde an meningotheliomatösen Meningomen

Die unter dem Lichtmikroskop scheinbar syncytiumartige Zellanordnung mit ihren kaum erkennbaren Grenzen stellt sich elektronenmikroskopisch eindrucksvoll als Interdigitation von Membranen aneinandergrenzender Zellfortsätze dar. Hinsichtlich des Verlaufs der Zellmembranen und der Art der Zellfortsätze werden von CERVOS-NAVARRO und VAZQUEZ (1969) folgende Typen unterschieden:

1. lange, dünne Zellfortsätze, die parallel verlaufen, auffällig polarisiert sind und sich nicht verzahnen. Die sie umgebenden Plasmamembranen zeigen einen leicht wellenförmigen Verlauf unter Erweiterung des interstitiellen Raumes.

2. ebenfalls lange und dünne Fortsätze, ohne erkennbare Polarisation, aber mit starker Verzahnung. Die Plasmamembranen verlaufen gerade, ohne nennenswerte interzelluläre Räume zu bilden.

Gleichzeitig weisen die Autoren jedoch darauf hin, daß die meisten Hirnhauttumoren Zwischenformen bilden, wobei beinahe für jedes Meningom ein Muster vorherrschend ist, das sich in allen Tumorbereichen offenbart. Sogenannte "dunkle Zellen" sind beim meningotheliomatösen Meningom nicht vorhanden. An der Wirbelbildung sind die Zellfortsätze wesentlich beteiligt, indem sie sich in 6-18 Schichten konzentrisch formieren. Mitunter bildet sogar ein einzelner Fortsatz einen kompletten Ring.

Die Interzellularräume der "Purely Epithelial Pattern" (Type 1 und 2) von HUMEAU et al. sind von minimaler Ausdehnung mit einer relativ konstanten Weite von ca. 20 nm. Auch CERVOS-NAVARRO und VAZQUEZ (1969) fanden bei den meisten der untersuchten meningotheliomatösen Meningome spaltähnliche Interzellularräume. Nur bei etwa einem Drittel waren sie, vorwiegend in der Nachbarschaft von Gefäßen, erweitert und optisch leer. Eine amorphe Substanz konnte hier von den Untersuchern nur ausnahmsweise gefunden werden. Kollagenfasern waren hingegen nicht präsent.

Die Zellkerne sind rund bis oval, erscheinen jedoch häufig gefaltet und unterschiedlich tief invaginiert (KEPES, 1961b; GUSEK; ROBERTSON, 1964; HUMEAU et al.; RAIMONDI et al.). Eine feingranuläre, gleichmäßige Chromatinverteilung über den gesamten Nucleus ist häufiger anzutreffen als die randständige Verklumpung des Heterochromatins. Eine gut definierte Kernmembran ohne Erweiterung des perinucleären Raumes umschließt ein mitteldichtes, teils homogenes, teils retikuläres Karyoplasma. TANI et al. (1972) beschreiben das periphere Heterochromatin als "dunkle, perlschnurartig angeordnete Reihe parallel zur inneren Kernmembran". Zwischen dem marginalen Heterochromatin und der inneren Kernmembran fanden die Autoren "a moderate dense layer", die beide Anteile voneinander zu trennen scheint. Nucleoli sind in den meisten Kernen präsent. GUSEK bemerkte häufig eine enge Lagebeziehung zur Nuclearmembran und sieht hierin ein Phänomen für intensive Stoffwechselvorgänge. Für die Struktur der Nucleoli sind gleichartige Partikel wie die des Karyoplasmas bestimmend, deren gleichmäßige kompakte oder aber schollenartige Zusammenballung allerdings eine weitaus höhere Elektronendichte aufweist. Die diversen intranucleären Einschlüsse sollen später gesondert ab-

gehandelt werden.

Das Cytoplasma läßt einen unterschiedlichen, insgesamt aber deutlichen Gehalt an feinen Filamenten (Cytofilamente, "desmofibrils", "fibroglia", Tonofilamente, Microfilamente) erkennen. Auch hier überwiegt meist ein bestimmtes Muster im gesamten Tumor (CERVOS-NAVARRO und VAZQUEZ, 1969). Diese intracytoplasmatischen fibrillären Strukturen können in ihrer Anzahl so zahlreich sein, daß sie die anderen Zellorganellen völlig verdrängen. Ein lockeres Verteilungsmuster scheint jedoch die häufigere Form zu sein (CERVOS-NAVARRO und VAZQUEZ, 1969: sieben von neun meningotheliomatösen Meningomen).

Eine bemerkenswerte Tendenz der Cytofilamente zur Wirbelbildung wurde von einigen Untersuchern betont (RUBINSTEIN; RUSSELL und RUBINSTEIN; KEPES, 1961b; NAPOLITANO et al.). KEPES (1961b) spricht diesen fibrillären Strukturen eine Funktion für die Formation typischer Wirbel zu. Er sieht hierin "the first expression of the whorling tendency in a meningothelial cell".

Der Gehalt an sonstigen Zellorganellen ist zum einen der Menge intracytoplasmatischer Filamente nahezu umgekehrt proportional und zum anderen von der Ausprägung der Plasmafortsätze abhängig. So beschreibt CERVOS-NAVARRO einen dritten Typ meningotheliomatöser Meningome, bei dem die Zellfortsätze zugunsten der Cytoplasmamasse mit ihren Organellen deutlich in den Hintergrund treten. Hier stechen besonders die Mitochondrien hervor, aber auch Golgi-Zonen und endoplasmatisches Retikulum sind markant. Bei den beiden anderen, schon beschriebenen Typen ist eine große Anzahl an Mitochondrien vorhanden (CERVOS-NAVARRO und VAZQUEZ, 1969). Den Untersuchern fiel ein besonderer Mitochondrien-Polymorphismus bei dem mit Glutaraldehyd fixierten Material auf. Die Form des Chondrioms ist vorwiegend schlank, oval oder stabförmig bei meist

dichter Matrix mitochondrialis. GUSEK stellte eine häufige enge Lagebeziehung der Mitochondrien mit dem Nucleus heraus bei teilweiser Unschärfe der beteiligten Membranen. Eine einseitige Öffnung der Chondriommembran läßt die Matrix bisweilen in direkten Kontakt mit dem Grundplasma treten und wird vom Untersucher, wie auch die eben genannte intensive nachbarliche Beziehung zwischen Mitochondrien und Nucleus, im Sinne lebhafter Austauschvorgänge interpretiert. Das Auftreten von Golgi-Zonen und endoplasmatischem Retikulum variierte in weiten Grenzen. Die vor allem perinucleär gelegenen Golgi-Zonen zeigten bei einigen Meningomen vorwiegend tubulosacculäre, bei anderen vor allem vesikuläre Formationen (CERVOS-NAVARRO und VAZQUEZ, 1969; GUSEK). Das endoplasmatische Retikulum ist meistens granuliert und nur spärlich ausgebildet. Seltener wurden dagegen Bereiche mit langen Ergastoplasmalamellen gefunden (CERVOS-NAVARRO und VAZQUEZ, 1969), die mit anderen Organellen (Mitochondrien, Golgi-Zonen, Centriolen, Cytosomen und freien Ribosomen) in der Nähe von Cytofilamenten "Stoffwechselherde" bilden (GUSEK). CERVOS-NAVARRO und VAZQUEZ (1969) fanden freie Ribosomen teilweise in Ketten angeordnet, im Gegensatz zu den in Haufen auftretenden Glykogengranula.

Ein besonderer Befund der meningotheliomatösen Meningome wird von CERVOS-NAVARRO und VAZQUEZ (1969) mit dem Auftreten zahlreicher Golgi-unabhängiger vesikulärer Elemente hervorgehoben. Diese sind überall in der Zelle in mäßiger Anzahl, einzeln oder in Gruppen anzutreffen, stehen jedoch vor allem mit Plasmamembranen in Verbindung, so daß sich ihr Inhalt in den extrazellulären Raum entleeren kann. Eine große Zahl dieser pinocytotischen Vesikel ist den genannten Autoren zufolge hauptsächlich in Zellen mit reichlichen Cytofilamenten zu finden. Daneben bestehen runde, elliptische oder säckchenförmige

Vesikel, die sich zu Ketten- oder Kreisformationen anordnen und keinen direkten Kontakt zu Plasmamembranen erkennen lassen.

Eine weitere, allerdings äußerst seltene Besonderheit stellt das Vorkommen von Cilien in meningotheliomatösen (wie auch in fibrösen) Meningomen dar (CERVOS-NAVARRO und VAZQUEZ, 1966). Von 14 untersuchten Meningomen wurden zehn für Cilien-positiv befunden. Im Verhältnis zur großen Zahl an Zellanschnitten ist die Zahl der Cilien (durchschnittlich vier/Tumor) relativ klein. HUMEAU et al. sahen bei einem Prozent der Zellen / Schnitt ein Cilium. Die meisten der beobachteten Cilien verbleiben in intrazellulärer Lage, ohne die Oberfläche zu erreichen. Centriolen bzw. Diplosomen, Basalkörper und Würzelchen sind weitere Strukturen, die die Autoren unter dem Elektronenmikroskop als den Cilien zugehörige bzw. verwandte Strukturen beobachten konnten.

9.11.2 Besonderheiten fibröser Meningome

Im Unterschied zu meningotheliomatösen Meningomen weisen CERVOS-NAVARRO und VAZQUEZ (1969) auf zwei wesentliche Merkmale hin:

1. das Vorkommen sogenannter "dark cells",
2. erweiterte Interzellularräume, die mit feinen Fibrillen und kollagenen Fasern angefüllt sind.

Zu 1.:

Den weitaus größten Zellanteil der fibrösen Meningome bilden die sogenannten "light cells", zwischen denen die durch ihre hohe Elektronendichte ausgezeichneten dunklen Zellen meist derart vereinzelt zu liegen kommen, daß

sie fast vollständig von hellen Zellen umgeben werden. Diese "dark cells" sind jedoch nicht von einheitlicher Struktur, sondern werden in zwei Gruppen (a und b) unterteilt:

a. Die "dark cells" der Gruppe a besitzen einen länglichen, häufig kommaförmigen Zellkern, dessen retikuläres, granuläres oder filamentöses Karyoplasma sich nur teilweise konzentriert. Das spärliche Cytoplasma erhält seine markante Elektronendichte vor allem durch eine strukturlose basische Substanz und erst in zweiter Linie von Cytofilamenten. Die im Vergleich zu den "light cells" etwas dünneren Zellfortsätze zeigen eine starke Tendenz sich zu verzweigen.

b. Die "dark cells" der Gruppe b besitzen einen bizarren, gelappten Nucleus mit unregelmäßiger Kernmembran und dichtem, vorwiegend randständig angeordneten und verklumpten Heterochromatin. Ein reichliches Cytoplasma und eine geringe Neigung Fortsätze zu bilden, unterscheidet diesen Typ vom Typ a. Der Gehalt an Cytofilamenten ist massiert, daß andere Strukturen nahezu völlig verdrängt werden. Nur in einigen aufgehellten Gebieten sind ein gut entwickeltes endoplasmatisches Retikulum und ebensolche Golgi-Zonen sichtbar.

Zu 2.:

Kollagen unterschiedlicher Größenordnungen füllen bei den fibrösen Meningomen die weiten Interzellularräume. CERVOS-NAVARRO und VAZQUEZ (1969) weisen jedoch darauf hin, daß an Randzonen zwischen Zellgruppen und Bindegewebe helle Zellen häufiger zu liegen kommen als dunkle. Feine Fibrillen ohne Periodizität bilden die Hauptmasse und sind untermischt mit einigen reifen Kollagenfibrillen (CERVOS-NAVARRO und VAZQUEZ, 1969). Breite Kollagen-

bänder sind häufig nur durch eine einzelne Zelle voneinander getrennt. Die "fibroblastic pattern" von HUMEAU et al. Typ 5 und 6 unterscheiden sich auch bezüglich der Reifungsstadien des Kollagens. So fanden diese Autoren bei ihrem Typ 5 vorwiegend Tropokollagen, wohingegen bei Typ 6 reifes Kollagen im Vordergrund stand.

Eine besonders eindrucksvolle Formation des endoplasmatischen Retikulums erwähnen TANI und HIGASHI (1973). Das nahezu ribosomenfreie endoplasmatische Retikulum imponierte in dem von ihnen untersuchten Fall als spiralig aufgeschichtetes Membransystem in paralleler oder konzentrischer Anordnung. Es alternierten helle und dunkle Räume zwischen den parallelen Cisternen bei einer konstanten Weite der letzteren.

Insgesamt besteht bei den fibrösen Meningomen eine geringere Tendenz zur Verzahnung der Zellfortsätze.

9.11.3 Zellverbindungen

Meningomzellen können über folgende Zellverbindungen miteinander in Kontakt treten:

1. Desmosomen (Maculae adhaerentes)
2. gap junctions (Nexus)
3. tight junctions (Zonulae occludentes)
4. Hemidesmosomen bzw. "hemidesmosome-like intercellular specializations".

Zu 1.:

Zahlenmäßig müssen die Desmosomen an erster Stelle genannt werden. In ihrem Bereich verlaufen die Plasmamembranen parallel und werden durch einstrahlende Cytofilamente, die nach TANI et al. (1974a) gleichfalls parallel

verlaufen sollen, unterstützt. Das angrenzende Cytoplasma erfährt eine Verdichtung. Der 25 - 35 nm weite Spalt ist mit einem dichten flockigen Material angefüllt. Nach CERVOS-NAVARRO und VAZQUEZ (1969) sind Desmosomen besonders dort zu finden, wo drei oder mehr Zellfortsätze miteinander in Kontakt treten. Den "fibroblastic pattern" von HUMEAU et al. sollen Maculae adhaerentes fehlen.

Zu 2.:

Gap junctions gehören zu den engen Zellverbindungen, obwohl die Plasmamembranen der beteiligten Zellen durch einen "Spalt" von 2-4 nm getrennt sind. Die Lücke ist jedoch nicht vollständig, sondern wird von "globular subunits" an verschiedenen Stellen überbrückt (PAULI, 1983). Sie machen in der Gefrierätz-Technik die häufigsten Zellverbindungen (Desmosomen sind mit dieser Methode nicht darstellbar) sowohl bei den meningotheliomatösen als auch bei den fibrösen Meningomen aus (TANI et al. 1974b). In der Gewebekultur menschlicher Meningomzellen sind gap junctions nach SIPE (1976) die vorherrschenden Zellkontakte. Ihrer Gestalt nach sind sie ovoid oder polygonal (TANI et al., 1974b; Gefrierätz-Technik).

Zu 3.:

Tight junctions als die eigentlichen Zonulae occludentes der Meningomzellen konnten von einigen Untersuchern (TANI et al., 1974a; COPELAND et al., 1978; TEDESCHI et al.; McKEEVER und BRISSIE, 1977) gefunden werden. Diese Zellverbindungen sind durch ein scheinbares Verschmelzen der äußeren Lamelle der Plasmamembranen der miteinander in Kontakt tretenden Zellen gekennzeichnet. Mittels Gefrierätz-Technik läßt sich ein feines Netzwerk intramembranöser Fibrillen anstelle der Verschmelzung demonstrieren (PAULI).

Zu 4.:

Eine den Hemidesmosomen der Epidermis ähnliche Spezialstruktur wird von COPELAND et al. an fünf Meningomen der drei Haupttypen beschrieben. Hierbei ist ein unregelmäßig geweiteter Interzellularspalt mit einem mäßig dichten, amorphen Material angefüllt, das von den Plasmamembranen durch eine helle Zone getrennt ist, die nur von feinen Filamenten durchzogen wird. Cytoplasmatische Plaques können teilweise an einer oder beiden Zellen bestehen.

9.11.4 Intranucleäre und intracytoplasmatische Einschlüsse

Die schon von CUSHING und EISENHARDT erwähnten "hyalinen Einschlüsse" des Cytoplasmas wurden von KEPES (1961a) als "Pseudopsammome" bezeichnet, da sie im Gegensatz zu den echten Psammomen aus einer proteinartigen Substanz bestehen, sich aber gleichfalls wie diese eosinophil anfärben. Während kleinere Exemplare intrazellulär liegen, befinden sich die größeren extrazellulär. Letztere werden von Zellelementen der Meningen umgeben. Das feingranuläre bis globuläre Material ist von mäßiger Elektronendichte. Sowohl die intra- wie auch die extrazellulären Einschlüsse werden von Microvilli begrenzt. Alle Untersucher (CUSHING und EISENHARDT; KEPES, 1961a und 1975; BERARD et al., 1978; FONT und CROXATTO, 1980; KUBOTA et al., 1983; KOCK und TEGLBJÆRG, 1981) konnten die Einschlüsse nur bei meningotheliomatösen Meningomen beobachten. Die kleineren waren dabei meist von unregelmäßiger äußerer Kontur und in Gruppen gelegen, während die Oberfläche der vorwiegend einzelnen größeren Exemplare ebenmäßig gestaltet war. BERARD et al. deuteten auf die überaus komplexe

Zusammensetzung der "corps hyalins" hin, bestehend aus "dense bodies", lamellären Strukturen, Microvesikel und einer homogenen Komponente. Von einigen Autoren (FONT und CROXATTO; KUBOTA et al.; BERARD et al.; BUDKA, 1982) wurden sie im Sinne einer sekretorischen Differenzierung meningealer Zellen interpretiert.

Intranucleäre Einschlüsse, die häufig mit einer viralen Ätiologie in Verbindung gebracht werden, konnten von ROBERTSON als Cytoplasmaeinschlüsse mit Organellen identifiziert werden. Dem Untersucher fielen darüber hinaus scharf umschriebene, nicht membranbegrenzte Kernvakuolen sowie kleine dichte, kugelige Körper auf, die von einem Hof umgeben waren.

10. Meningome bei Katzen in der Literatur

Unter den Haussäugetieren ist die Katze die am häufigsten mit Meningomen behaftete Spezies. Schon 1920 fand WEED bei der Untersuchung von Zellnestern der Arachnoidea drei "dural endotheliomas" bei zwei alten Katzen. Die Meinung älterer Autoren, daß Hirntumoren (incl. Meningomen) bei den Tieren ein seltenes Ereignis sind, ist in den vergangenen Jahren durch zahlreiche Veröffentlichungen, die vor allem den Hund, aber auch die Katze betreffen, widerlegt worden. Der Grund für das im Gegensatz zum Menschen seltenere Vorkommen von Neoplasien des Zentralnervensystems dürfte wohl in den nicht routinemäßig durchgeführten Hirnsektionen bei Tieren zu suchen sein.

Nach anfänglichen Einzelbeschreibungen von Meningomen bei Katzen (Tabelle 6) existieren inzwischen auch einige Serienuntersuchungen (Tabelle 5), die durch systematische Hirnsektionen und Untersuchungen von Katzen der jeweiligen Institute gewonnen wurden. Die größte Serie stammt von LUGINBÜHL, FANKHAUSER und McGRATH (1968) von Tieren der Abteilung für vergleichende Neurologie der Universität Bern sowie des "Laboratory of Pathology, School of Veterinary Medicine, University of Pennsylvania". Nahezu einstimmig werden von den verschiedenen Untersuchern (ZAKI und HURVITZ, 1976; LUGINBÜHL, 1961, 1964; HOERLEIN, 1978; SMITH et al., 1972; SMIT, 1961; MILKS und OLAFSON, 1936; McGRATH 1960, 1962; INNES und SAUNDERS, 1962; JUBB und KENNEDY, 1963; PATNAIK et al., 1975; FANKHAUSER, 1968; FANKHAUSER und LUGINBÜHL, 1968; FANKHAUSER et al., 1974; FANKHAUSER und VANDEVELDE, 1981; POTEL, 1959; DAHME, 1983; HASKINS und McGRATH, 1983) die relative Häufigkeit von Meningomen bei der Katze, im Gegensatz zu anderen neuroektodermalen Tumoren, hervorge-

Tabelle 5: Meningom-Serien bei Katzen

Autoren	Z.d.F.	Alter	Geschlecht	Lokalisation	Z. d. M.
LUGINBÜHL, FANKHAUSER und McGRATH (1968)	70	2/3 der Katzen älter als 10 J.	--	bei mehr als 1/3 der Katzen Tela chorioidea d.III.V.	bei 2/5 d. Katzen multiple M.
NAFE (1979)	36	27 Katzen älter als 10 J.	22 m 14 w	v.a. Convexität d. Großhirnhemisphären	bei 6 Katzen: multiple M.
HASKINS und McGRATH (1983)	42	32 Katzen älter als 9 J.	26 m 15 w (1 ?)	bei 13 Katzen Tela chorioidea d. III. V.	bei 16 Katzen multiple M.
LUGINBÜHL (1962)	32	alt bis sehr alt	--	bei 18 Katzen Tela chorioidea d. III. V.	bei 6 Katzen multiple M.
ZAKI und HURVITZ (1976)	42	6 - 18 J.	--	v.a. Tentorium superior	bei 8 Katzen multiple M.
FANKHAUSER und VANDEVELDE (1981)	8	7 Katzen älter als 10 J.	5 m 3 w	-----	----
LUGINBÜHL (1961)	8	5 Katzen älter als 10 J.	4 m 3 w (1 ?)	bei 7 Katzen Tela chorioidea d. III. V.	bei 2 Katzen multiple M., bei 2 Katzen 2 M.

Z.d.F. = Zahl der Fälle Z.d.M. = Zahl der Meningome III.V. = III. Ventrikel

Tabelle 6: Einzelbeschreibungen von Meningomen bei Katzen

Autoren	Z.d.F.	Alter	Geschl.	Z.d.M.	Lokalisation	histolog. Typ
WEED (1920)	2	-	-	3 M.	Fissura sylvii u. Falx cerebri	(so-called) dural endothelioma
DAHME (1957)	1	10 J	w	1 M.	parietale Con.	cytoplastisch m. malign.Abwandlung
JONES (1974)	1	9 J	w	1 M.	spinal	--
INNES und SAUNDERS (1962)	1	-	-	1 M.	--	--
McGRATH (1960)	2	9 J 10 J	m w	1 M. 1 M.	Con. T.ch.d.III.V.	--
COOPER und HOWARTH (1972)	1	-	-	1 M.	frontale Con.	Leptomeningioma
MONTEAGUDO und PURPURA (1959)	1	?	m	1 M.	über d. Hörrinde	--
HAYES, SCHIEFER u. PENDERGRASS (1975)	6	-	-	-	--	--
HAYES und SCHIEFER (1969)	4	14 J, 5 J 17 J, 15 J	3 w 1 m	6 M.	T.ch.d.III.V. (3x), Con.(2x),S.sag.inf.(1x)	4x endotheliomatös, 1 x mit fibr. Komp.

T.ch.d.III.V. = Tela chorioidea des III. Ventrikels
S.sag.inf. = Sinus sagittalis inferior
Con. = Convexität
fibr. Komp. = fibröse Komponente

hoben. HAYES et al. (1975) sehen dagegen die Hirntumoren bei Katzen nahezu gleichmäßig auf die beiden Kategorien der glialen (4) und der meningealen (6) Tumoren verteilt.

Die Altersverteilung der mit Meningomen behafteten Katzen liegt vorwiegend bei zehn Jahren und älter. Das jüngste Tier mit einem Alter von einem Jahr (LUGINBÜHL, 1961) stellt eine Ausnahmeerscheinung dar (arachnoidale Granulation?), ebenso wie die vier von HASKINS und McGRATH beschriebenen, an Mucopolysaccharidose I erkrankten Katzen in einem Alter von weniger als drei Jahren, die gleichzeitig multiple Meningome offenbarten. Damit läßt sich die Altersverteilung mit der Situation beim Menschen durchaus vergleichen.

Eine Geschlechtsprädilektion wurde von den meisten Untersuchern verneint. Die Serienuntersuchungen von NAFE (1979) und HASKINS und McGRATH zeigen jedoch unter den Meningomträgern eine überwiegende Beteiligung des männlichen Geschlechts. Leider werden in der umfangreichsten Serie von LUGINBÜHL et al. keine diesbezüglichen Angaben gemacht. Eine eindeutige Bevorzugung des weiblichen Geschlechts, wie sie in der Humanmedizin vorliegt, läßt sich bei den Katzen nicht bestätigen. Männliche Tiere scheinen demgegenüber eher Meningomträger zu sein. Eine Rassendisposition konnte nicht festgestellt werden (u.a. ZAKI und HURVITZ).

Die Lokalisation von Hirnhauttumoren bei Katzen weisen im Gegensatz zum Menschen eine geringere Vielfalt und eindeutige Lieblingssitze auf. Diese liegen an der Convexität der Großhirnhemisphären, in der Tela chorioidea des III. Ventrikels und im Bereiche der Falx cerebri. Die häufige Beteiligung des leptomeningealen Bestandteils des III. Ventrikels stellt hierbei ein besonderes Phäno-

men dar, das bei keiner anderen Spezies derart zahlreich vorzukommen scheint. Während die Prädilektionsstellen beim Hund in basalen Lokalisationen liegen und Hirnhauttumoren im III. Ventrikel nicht beschrieben wurden, herrschen beim Menschen die Meningome der Seitenventrikel eindeutig vor. Bei der Katze fanden dagegen nur zwei Meningome der Seitenventrikel von NAFE Erwähnung. LUGINBÜHL (1961) fand einen Hirnhauttumor in der Tela chorioidea des IV. Ventrikels. Spinale Meningome wurden von LUGINBÜHL et al. in drei Fällen und von JONES (1974) in einem Fall erwähnt. Hirnhauttumoren im Schädelbasisbereich stellen bei der Katze ein äußerst seltenes Ereignis dar.

Die Gestalt der Meningome bei der Katze ist vom kugeligen oder gelappten Typ. Die rasenförmig wachsende Form kam bei dieser Spezies, im Gegensatz zum Hund, nicht zur Beobachtung. Die Größenordnungen sind mit der des Menschen durchaus vergleichbar. Insbesondere läßt sich die von HENSCHEN erwähnte hohe Zahl von kleinen, klinisch stummen Meningomen als Zufallsbefunde bei alten Katzen bestätigen. In diesem Zusammenhang sollen die häufig multiple auftretenden felinen Hirnhauttumoren nur kurz erwähnt werden. Bezüglich der Verhaltensweisen der Meningome gegenüber Meningen, ZNS-Gewebe und Knochen kann auf die schon beschriebenen Verhältnisse beim Menschen verwiesen werden.

Die Klassifizierung der Meningome bei der Katze erfolgte in der Literatur nach den üblichen, für den Menschen gültigen Schemata. Mit Ausnahme des angiomatösen Meningoms sind alle übrigen histologischen Typen beschrieben worden. Aus den relativ wenigen genauen Angaben läßt sich kein vorherrschender Typus erkennen. von FANKHAUSER et al. werden verstreute Cholesterinkristalle, fettige Degenerationen sowie die Ablagerung von Lipopigment als

relativ häufige Befunde bei Katzenmeningomen erwähnt. LUGINBÜHL (1961) sieht Verkalkungen der verschiedensten Formen (Psammome, spieß- oder keulenartig) in fast jedem Meningom bei der Katze. Während in der Humanmedizin die intraventrikulären Meningome als fibrös erkannt wurden (RUSSELL und RUBINSTEIN; KERNOHAN und SAYRE, 1952), fand der eben genannte Autor bei der Katze auch meningotheliomatöse und übergangszellige Bereiche in Hirnhauttumoren der Tela chorioidea des III. Ventrikels.

Entgegen den Verhältnissen beim Hund verhalten sich Meningome bei der Katze nicht selten klinisch stumm. Von den 36 von NAFE untersuchten Katzen zeigten 11 keine neurologischen Ausfallserscheinungen, während bei den übrigen folgende klinische Symptomatik (meist jeweils nur einzelne Symptome) auftreten konnte: Kreisbewegung, Krämpfe, verminderte Abwehrreaktion, positionaler Nystagmus, Ataxie, Tetraparese, Hemiparese, Zusammenbrechen. Über epileptische Anfälle ist von MONTEAGUDO und PURPURA (1959) bei einer Katze mit einem Meningom über der Hörrinde berichtet worden. Ganz allgemein ist die klinische Symptomatologie von der Lokalisation der Tumoren abhängig (HOERLEIN). Die acht Fälle von LUGINBÜHL (1961) verhielten sich klinisch stumm und es bestand in keinem Fall ein Zusammenhang zwischen Todesursache und Meningom.

Eine besondere Kombination wird (wie schon erwähnt) von HASKINS und McGRATH mit dem Auftreten multipler Meningome der Convexität und der Tela chorioidea des III. Ventrikels sowie der gleichzeitigen Erkrankung an Mucopolysaccharidose I bei jüngeren Katzen beschrieben. Elektronenmikroskopisch fanden sie membranbegrenzte intracytoplasmatische Vakuolen und elektronendichte Körper, die sie als Lysosomen mit gespeicherten Dermatan- und Heparan-Sulfaten ansprachen. Ob ein causaler Zusammenhang zwischen Enzymdefekt (α-L-Iduronidase-Mangel) und den multiplen Hirnhauttumoren besteht, konnte von den Autoren nicht beantwortet werden.

11. Eigene Untersuchungen zum felinen Spontan-Meningom

11.1 Material und Methodik

11.1.1 Material

Als Material diente sowohl laufendes Sektionsgut des Instituts für Tierpathologie der Universität München in der Zeit von November 1981 bis September 1983 als auch Routine-Diagnostik-Material des Lehrstuhls für Allgemeine Pathologie und Neuropathologie von 1966 bis 1984.

11.1.2 Methodik

Es wurde nach folgenden vier Methoden vorgegangen:

1. Anfertigung histologischer Präparate von Katzengehirnen des laufenden Sektionsgutes - histologische Untersuchung
2. Makroskopische Untersuchung der Meningen - Anfertigung von Semidünnschnitten bei positivem Befund - histologische Untersuchung
3. Histologische Untersuchung von Routine-Diagnostik-Fällen
4. Anfertigung von Ultradünnschnitten einiger positiver Fälle - elektronenmikroskopische Untersuchung.

Zu 1.:

Die Materialentnahme erfolgte unabhängig von einer neurologischen Symptomatik. Alter (4 Jahre und älter) und

Frischezustand der Katzen dienten hier als Auswahlkriterium. Die Hirnsektion wurde unter weitestgehender Schonung der Hirnhäute durchgeführt (stumpfe Präparation der Dura mater von der Schädelkalotte). Als Fixativ diente 7 %iges gepuffertes Formalin, das teilweise subdural und intraventrikulär injiziert wurde, um eine optimale Fixierung insbesondere der arachnoidalen Zotten und des III. Ventrikels zu erreichen. Nachdem die Hirne mit anhaftender Pachymeninx in dünne Scheiben geschnitten worden waren (unter besonderer Begutachtung des III. Ventrikels), wurde die Dura mater mittels feiner Stecknadeln befestigt, um einer Ablösung während der folgenden Handeinbettung bis hin zur Paraffinphase entgegenzuwirken. Das weitere Verfahren entsprach der üblichen Methodik zur Anfertigung histologischer Präparate. Folgende Färbungen kamen zur Anwendung: Hämalaun-Eosin (HE), WILDERs Bindegewebsfärbung, Cresylechtviolett (NISSL), Cresylviolett-Luxol Fast-Blue, "periodic acid Schiff reaction" (PAS).

Zu 2.:

Die makroskopische Untersuchung beinhaltete die äußere und innere Oberfläche der Dura mater sowie die äußere Arachnoidea. Verdächtige Bereiche (Verdickungen , Knötchen) wurden herauspräpariert, in ca. 1 mm^3 große Gewebestücke geschnitten, in Glutaraldehyd fixiert, mit Osmium-Tetroxid nachfixiert und in Epon (R) nach der üblichen Methode eingebettet. Die Semidünnschnitte wurden mit Azur-Blau und Safranin-Toluidinblau gefärbt.

Zu 3.:

Aus dem Routine-Diagnostik-Material wurden alte Katzen (4 Jahre und älter) ausgewählt und einer systematischen histologischen Untersuchung der Meningen incl. der Telae chorioideae der Hirnventrikel unterzogen.

Zu 4.:

Folgende Fälle wurden elektronenmikroskopisch untersucht:

1. P 2441/81 EL 461
2. P 52/82 EL 462
3. N 163/82 EL 508
4. N 422/82 EL 537
5. N 393/82 EL 539

Dabei diente in 4 Fällen laufendes Sektionsgut und in einem Fall (EL 508) Paraffinmaterial, das mit Xylol entparaffiniert wurde, als Ausgangspunkt. Die ca. 1 mm^3 großen Gewebeblöcke wurden mit phosphatgepuffertem (0,15 M, ph 7) 6,5 %igem Glutaraldehyd fixiert und mit Osmium-Tetroxid nachfixiert. Die mit einem Reichert Ultracut angefertigten Ultradünnschnitte wurden mit Uranyl-Acetat und Bleicitrat kontrastiert und mit dem Transmissions-Elektronenmikroskop-ZEISS (EM 10) untersucht.

11.2 Allgemeine Kasuistik

Bei der makro- und mikroskopischen Untersuchung von Katzenhirnen mit dem Ziel der Meningomfindung kamen arachnoidale Zotten und Pacchionische Granulationen, psammomatöse Verkalkungen der Tela chorioidea des III. Ventrikels und der Dura mater, eine vermeintliche Mißbildung der Arachnoidea (arachnoidale Cyste?) sowie eine lymphatisch-leukotische Infiltration der Dura mater mit zur Beobachtung. Die beiden letzteren sollen wegen ihres bisher nicht beschriebenen Vorkommens bei der Katze kurz mitgeteilt werden.

Vor der Einzelbeschreibung in der speziellen Kasuistik erfolgt hier zunächst ein tabellarischer Überblick.

Tabelle 7: Allgemeine Kasuistik: Zotten, Granulationen, Verkalkungen, Mißbildung

Tgb Nr	Alter	Geschl.	D i a g n o s e n
P 1911	10 J	m	Mißbildung? (arachnoidale Cyste?) in d. Fiss. long. cerebri d.caud. Drittels
N 333/82	6 J	w	psammomatöse Verkalkungen der T. ch. d. III.V. im Fornixbereich
N 439/71	20 J	w	psammomatöse Verkalkungen der T. ch. d. III.V. u. d. Falx cerebri
P 26/82	ca.13 J	w	verkalkte (psammomatöse) Pacchionische Granulation im Ber. d. S. sag. sup. d. cran. Drittels
P 1670/82	6 J	m	arachnoidale Zotten im Ber. d. Falx cerebri d. mittl. Drittels
P 30/82	7 1/2 J	w	kleine arachnoidale Zotte in d. Fiss. long. cerebri d. cran. Drittels
N 586/72	10 J	w	kleine arachnoidale Zotte in d. Fiss. long. cerebri
P 1215/82	4 J	w	a) kleine arachnoidale Zotten im sinusnahen Bereich d. mittl. Drittels u. über d. Sulcus lat. b) Meninxleukose (Dura mater)
P 1245/82	15 J	m	arachnoidale Zotte mit psammomatöser Verkalkung in d. Falx cerebri d. caud. Sinusdrittels
P 286/78	6 J	w	arachnoidale Zotte mit psammomatösen Verkalkungen in d. Falx cerebri nahe d. S. sag. sup. d. mittl. Drittels

Tabelle 7 (Fortsetzung): Meningome

N 153/83	ca.12 J	m	M. vom übergangszell. Typ m. psammomatösen Verkalkungen in d. T.ch. d. III.V.
N 11/67	11 J	w	multiple übergangszell. u. fibröse M. an d. Großhirn-Con., Falx cerebri u. T.ch.d. III.V.
N 316/67	7 J	m	Mikromeningom vom übergangszell. Typ in d. T.ch. d. III.V.
N 23/68	7 J	w	multiple Mikromeningome vom fibrösen Typ in d. T.ch. d. III.V., Falx cerebri, Schädelbasis u. Cerebellumbereich
N 5/83	22 J	m	multiple psammomatöse M. der Großhirn-Con. u. d. Falx cerebri
N 163/82	11 J	m	multiple Mikromeningome vom übergangszell. Typ im Ber. d. Sulcus rhinicus post., Fiss. lateralis Sylvii , T.ch. d. III.V. u. Fiss. long. cerebri
N 43/69	10 J	m	multiple meningotheliomatöse M.
N 476/74	16 J	w	drei übergangszellige M. d. Falx cerebri u. T. ch. d. III. V.
N 585/75	6 J	m	multiple stark verkalkte M. vom Übergangszelltyp d. Tentoriums membranaceum osseum
N 422/82	14 J	w	übergangszelliges M. d. Großhirn-Con. m. osteolytischen Veränderungen (extracranielles M.)
N 143/80	7 J	m	vorwiegend meningotheliomatöses M. m. Arealen v. übergangszell. Typ in der Falx cerebri
N 393/82	16 J	w	multiple M. vom übergangszell. Typ m. psammomatösen Verkalkungen an d. Großhirn-Con., Falx cerebri, Cerebellum u. Schädelbasis

Tabelle 7 (Fortsetzung)

N 9/84	22 J	w	multiple M. vom übergangszell. Typ (Falx cerebri, T.ch. d. III. V.) u. sarcomatöses M. d. Schädelbasis
P 52/82	10 J	w	drei M. vom Übergangszelltyp m. massiven Verkalkungen in d. Falx cerebri
P 2441/81	7 J	m	zwei Mikromeningome vom übergangszelligen Typ m. starken Verkalkungen in d. Falx cerebri

Fiss. long. cerebri = Fissura longitudinalis cerebri
T.ch. d. III.V. = Tela chorioidea des III. Ventrikels
S.sag.sup. = Sinus sagittalis superior
M. = Meningom

11.3 Spezielle Kasuistik

Die Darstellung der bearbeiteten Fälle wurde nach folgendem Schema vorgenommen:

Tgb Nr	Tagebuchnummer
N	Tagebuchnummer des Lehrstuhls für Allgemeine Pathologie und Neuropthologie
P	Tagebuchnummer des Lehrstuhls für Allgemeine Pathologie und Pathologische Anatomie
S	Signalement
A	Anamnese
PAD	pathologisch-anatomische Diagnose
M	makroskopischer Befund
LM	Lichtmikroskopie
EL	Elektronenmikroskopie
D	Diagnose

Bei dem Vorliegen multipler Meningome wurde darauf verzichtet, eine detaillierte Beschreibung aller Tumoren zu geben, sondern es wurde sich weitgehendst darauf beschränkt, besonders typische - und Mikromeningome bei diesen Fällen darzustellen.

Tgb Nr P 1911/83 EL 598

S Katze, 10 Jahre, männlich, kastriert

A Bulbusexstirpation wegen Exophthalmus, Corneaoberfläche trocken, kein Lidschlag möglich, Exitus letalis in tabula

PAD Herzdilatation, Fettleber, Hydroperitoneum

M Stecknadelkopfgroßes, hellbraunes Knötchen von glatter Oberfläche in der Fissura longitudinalis cerebri des caudalen Drittels , das nach der sektionstechnisch üblichen Abtrennung der Dura mater über eine stielähnliche Verbindung an der Arachnoidea haften blieb.

LM Die äußere Begrenzung des kolbenähnlichen Gebildes stellt eine Lage spindelartiger Zellen mit langen Fortsätzen dar. Hieran schließt sich eine mehr oder weniger dicht gepackte Zone arachnoidaler Zellen an, die von teils zarten, teils kräftigen kollagenen Faserzügen durchzogen wird. Darauf folgt ein faserreicher Bereich mit einem mittleren Gehalt an arachnoidalen Zellelementen bei relativ dichter Anordnung beider Anteile. Das Zentrum des Gebildes erfährt eine zunehmende Auflockerung. Es besteht aus einem trabekulären, kollagenreichen Spaltensystem. Die Trabekel werden von flachen, stark basophilkernigen Zellen mit langen, spitzen Fortsätzen umgeben. Ansonsten ist das Knötchen hier bis auf zahlreiche Makrophagen außerordentlich zellarm und im-

poniert durch seine fädige, teilweise pinselartige Struktur seiner in allen Richtungen verlaufenden Faserfilzen. Einzelne Blutgefäße sind im Zentrum anzutreffen.

D Mißbildung? (arachnoidale Cyste?) in der Fissura longitudinalis cerebri des caudalen Drittels.

Tgb Nr	Nr 333/82 P 2018/82
S	Katze, 6 Jahre, weiblich
A	wegen Vergiftungsverdacht eingeliefert
PAD	Cardiomyopathie
M	o.b.B.
LM	Im Fornixbereich des III. Ventrikels liegt eine teils kleinschollige, teils psammomatöse Verkalkung der Tela chorioidea vor. Die Psammome scheinen zentral aufgehellt und sind von einer Schicht spindeliger , dunkler Zellen umgeben. In der Nähe der scholligen Kalkablagerungen befinden sich einige arachnoidale Zellelemente mit großen, ovalen chromatinarmen Nuclei. Das Plexusstroma ist von einer leichten Fibrose gekennzeichnet.
D	Psammomatöse Verkalkungen der Tela chorioidea des III. Ventrikels im Fornixbereich sowie geringgradige Plexusfibrose.

Tgb Nr N 439/71 P 1403/71

S Katze, 20 Jahre, weiblich

A nur kurze Zeit merklich krank, hatte dicken, harten Bauch

PAD raumfordernde Eierstockscyste

M o.b.B.

LM Die Tela chorioidea des III. Ventrikels weist sowohl massive psammomartige als auch regellose Verkalkungen auf. Ein intensiv angefärbtes Psammom läßt ein helleres Zentrum und eine lamelläre Struktur erkennen. Außen wird es von einer Schicht abgeflachter Zellen mit ebensolchen stark basophilen Nuclei umgeben. Nur wenige arachnoidale Zellen liegen meist zerstreut, nur selten in Haufen, zwischen den Gefäßen des Plexus chorioideus.

In der Falx cerebri imponieren einzelne Psammome, die von keinen zellulären Elementen umgeben sind.

D Psammomatöse Verkalkungen der Tela chorioidea des III. Ventrikels und der Falx cerebri.

Tgb Nr P 26/82 EL 525

S Katze, ca. 13 Jahre, weiblich

A Seit 4 Tagen keine Futteraufnahme, Erbrechen, moribund

PAD Gastritis, Katzenseuche?

M Ca. 1/2 mm große, grauweiße, leicht erhabene Verdickung der Falx cerebri im cranialen Bereich. Gehirn: o.b.B.

LM Die Dura mater wird im sinusnahen Bereich von arachnoidalen Zellgruppen durchsetzt. Nur ausnahmsweise lassen sich größere zusammenhängende Gewebestücke erkennen (Artefakt), die jedoch eine ursprüngliche Einheit vermuten lassen. Strekkenweise wird das Gewebe von Zügen kollagener Fasern in inselartige Zellgruppen aufgeteilt, die zum Teil eine Tendenz zur konzentrischen Anordnung offenbaren, anderenorts hingegen regellos gelagert sind. Das Zentrum derartiger Wirbel besteht vorwiegend aus optisch leeren Lumina. Verkalkungen in Form kleiner, kugelähnlicher, konzentrisch geschichteter Ablagerungen sind häufig anzutreffen. Um eine den Mittelpunkt bildende größere Kalkkugel liegen mitunter mehrere kleine Exemplare, die alle von mindestens zwei Zellen kreisförmig umgeben werden. Die zu Haufen oder Inseln formierten Zellen sind großleibig und besitzen einen blasenförmigen, blassen Nucleus, während die der Faserzüge und der äußersten Wirbelschichten langgestreckt und cytoplasmaarm sind mit stark basophilen, spindelartigen Zellkernen.

D Verkalkte (psammomatöse) Pacchionische Granulation im Bereiche des Sinus sagittalis superior des cranialen Drittels.

Tgb Nr P 1670/82; EL 526

S Katze, 6 Jahre, männlich, kastriert

A Inappetenz seit langer Zeit, Anämie, septisches Differentialblutbild, schneller Verfall

PAD ?

M Kleinstecknadelspitzengroßes hellbraunes Knötchen der Falx cerebri im Occipitalbereich. Gehirn: o.b.B.

LM Gestieltes, keulenähnliches Gebilde von faserreichem, zentral deutlich aufgelockerten Gewebe in der Fissura longitudinalis cerebri des mittleren Abschnitts (Mantelkante); in der kolbenähnlichen Verdickung Reichtum an großkernigen, regellos gelegenen Zellen; das gestielte Ende zeigt dagegen mehrere Lagen flacher, spindelartiger Zellen mit langen Fortsätzen als äußere Begrenzung.

In der caudalen Fissura longitudinalis cerebri kleinknötchenartige Verdickung der Arachnoidea, die sich halbkugelig vorwölbt. Sie erwächst breitbasig aus der an dieser Stelle proliferierten, außerordentlich kollagenreichen Arachnoidea. Die runde Kuppe besteht aus dicht gelagerten großkernigen Zellen.

Im Semidünnschnitt läßt sich ein weiteres zottenartiges Gebilde erkennen, das sich makroskopisch als kleines Knötchen darstellt (s.o.) und allseitig von Duragewebe umgeben ist. Der Grundstock (Kern) ist ausnehmend bindegewebsreich bei vorwiegend geschlängeltem Faserverlauf. Einzelne großkernige Zellen mit deutlichem Nucleolus liegen zwischen den Faserzügen. In der Peri-

pherie grenzen mehrere Lagen flacher, parallel verlaufender Zellschichten das Körperchen gegenüber dem Duragewebe ab. Das Cytoplasma dieser Zellen weist deutliche Vakuolisierung auf. Die beiden Enden des Gebildes sind wesentlich zellreicher als sein Grundstock. Die Zellanordnung ist unregelmäßig. An einem Ende befinden sich fingerförmige Ausstülpungen.

D Arachnoidale Zotten im Bereiche der Falx cerebri des mittleren und des caudalen Drittels.

Tgb Nr P 30/82

S Katze, 7 1/2 Jahre, weiblich

A Apathie, Atemnot, Husten, Thoraxflüssigkeit, massive Herzinsuffizienz

PAD idiopathische Herzdilatation

M o.b.B.

LM An die Dura mater der Falx cerebri des cranialen Drittels (nahe des Sulcus splenialis) eng angelagerte keulenartige Zellformation. Die großleibigen Zellen mit ihren hellen blasenförmigen Kernen sind in ein feinfaseriges Netzwerk eingebettet, das häufig spaltenähnliche Erweiterungen zeigt.

D Kleine arachnoidale Zotte in der Fissura longitudinalis cerebri des cranialen Drittels.

Tgb Nr N 586/72 P 2048/72

S Katze, 10 Jahre, weiblich

A seit 3 Tagen plötzlich bösartig

PAD Adipositas, Hämosiderose von Leber und Pancreas

M o.b.B.

LM In der Tiefe der Falx cerebri wird ein kolbenähnliches, gestieltes Körperchen von scheinbar isolierter Lage sichtbar. Zentral ist die Struktur aufgelockert, faserreich und relativ zellarm (ungeordnete Zellformation). Peripher imponieren dagegen mehrere Lagen dicht aneinander gepackter, spindelartiger Zellen mit stark basophilen Nuclei.

D Kleine arachnoidale Zotte in der Fissura longitudinalis cerebri oberhalb des corpus restiforme et colliculus rostralis laminae quadrigemina.

Tgb Nr P 1215/82

S Katze, 4 Jahre, weiblich, kastriert

A chronische Ohrentzündung, Hämorrhagien (Ohrmuschel, Zehenballen, After, Lippen), alle Lymphknoten vergrößert

PAD Leukose

M o.b.B.

LM a) Im Bereiche der Fissura longitudinalis cerebri des mittleren Drittels imponieren in der Dura mater knötchenartige Ansammlungen arachnoidaler Zellen. Gegenüber der Pachymeninx sind sie durch einen spaltartigen Raum getrennt. Eine Schicht spindeliger Zellen umgibt die Gebilde. Das Zentrum wird gleichermaßen von einem kollagenen Fasernetz und großen arachnoidalen Zellen in regelloser Anordnung gebildet. Über dem Sulcus lateralis liegen gleichartige arachnoidale Elemente in subduraler Lage dorsal einer meningealen Vene. Sie sind zellreicher und faserärmer als die eben genannten, wobei die großen, ovalkernigen Zellen gegenüber den spindeligen vorherrschend sind.

b) Massive Durchsetzung der Dura mater, besonders im Bereiche der Convexität zwischen Sulcus lateralis und Sulcus suprasylvius (intensiv violett gefärbtes Band an HE-Schnitt makroskopisch erkennbar), mit lymphatisch-leukotischen Infiltraten, die zahlreiche Mitosen zeigen.

D a) Kleine arachnoidale Zotten im sinusnahen Bereich des mittleren Drittels sowie über dem Sulcus lateralis.

b) Meninxleukose (im Bereich der Dura mater) als Teilbild einer systematisch-generalisierten Leukose.

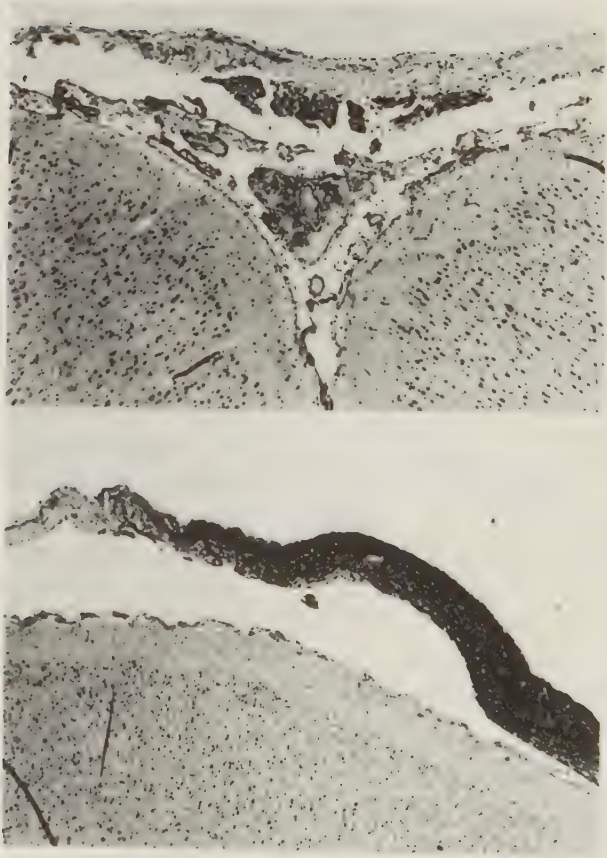


Abb. 3: Histologische Befunde an der Meninx bei Katze Nr. 1215/82, 4 Jahre, weiblich

oben : Meninx über Sulcus lateralis mit charakteristischen kleinen arachnoidalen Zotten. HE, 48x

unten: Meninx über der parietalen Convexität des Großhirns mit leukotischer Infiltration der Dura mater. HE, 30x

Tgb Nr P 1245/82

S Katze, 15 Jahre, männlich, kastriert

A schlaffe Lähmung der Nachhand, unkontrollierter Harnabsatz, Polydipsie

PAD reitender Thrombus auf der A. mesenterialis cran.

M o.b.B.

LM Zell- und faserreiches Gewebe in der Dura mater des sinusnahen Bereichs (caud. Drittel). Ein größerer Teil scheint frei in der Fissura longitudinalis cerebri zu liegen, während ein kleinerer Abschnitt eine enge Lagebeziehung zur Pachymeninx aufweist. Es besteht eine starke Tendenz zur Wirbelbildung. Hieran sind kollagene Fasern und großleibige Zellelemente gleichermaßen beteiligt. Zwischen den dicht an dicht liegenden Wirbeln durchziehen zarte Faserzüge das Gewebe. Spindelartige Zellen werden nur vereinzelt sichtbar. Die Wirbelzentren können drei verschiedene Materialien enthalten: 1. Kalk, 2. Kollagen und 3. Hyalin, wobei die kalkhaltige Variante (von lamellärer Struktur) die vorherrschende ist.

Darüber hinaus imponiert eine konzentrisch geschichtete, größere Kalkkugel in der Dura mater der Falx cerebri, von keinerlei arachnoidalen Zellelementen umgeben.

D Zerrissene arachnoidale Zotte mit psammomatöser Verkalkung in der Falx cerebri des caudalen Sinusdrittels.

Tgb Nr N 286/78 P 2265/78

S Katze, 6 Jahre, weiblich

A Unterkieferfraktur, Beckenfrakturen

PAD Trauma, Lungenödem

M o.b.B.

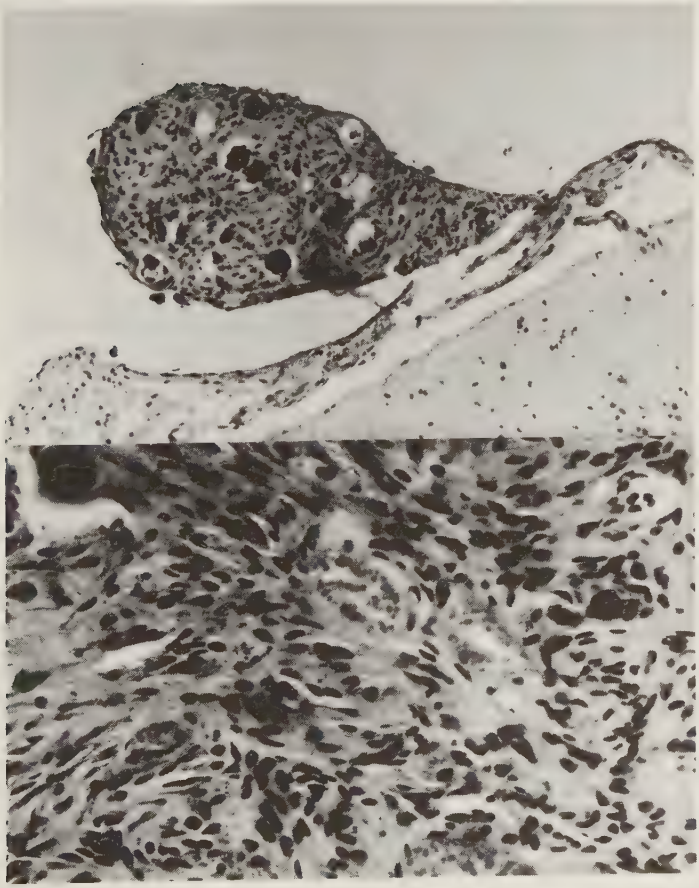
LM Ein gestieltes, keulenförmiges Gebilde mit Verbindung zur Arachnoidea kommt im Falxbereich, nahe des Sinus sagittalis superior des mittleren Abschnitts zu liegen. Das faserreiche, aufgelockerte Gewebe wird durchsetzt von zahlreichen großen Zellen mit voluminösen, ovalen bis polygonalen Kernen, deren Chromatin gleichmäßig verteilt ist. Häufig offenbart sich ein deutlicher Nucleolus. Die kollagenen Fasern verlaufen teils regellos, teils in parallelen Zügen im Verein mit spindeligen , dunkelkernigen Zellen. Es besteht eine auffällige Tendenz zur Bildung konzentrischer Formationen, deren Zentren aus optisch leeren Lumina oder aus Kalkablagerungen bestehen. Letztere sind von grobkugeliger Gestalt, deren äußere Konturen sich unregelmäßig gestalten und den Anschein erwecken, als seien weitere Kalkschollen an der Peripherie angelagert. Eine regelmäßige konzentrische Schichtung ist an einigen Kalkkugeln erkennbar. Ihre äußere Begrenzung bilden mehr oder weniger kreisförmig ausgerichtete Schichten der schon beschriebenen Zellen, deren Kerne eine massive Streckung und eine kurvenähnliche Krümmung erfahren. Diffuse schollige Kalkablagerungen sind ebenfalls präsent. An der Peripherie wird die völlig gefäßfreie, kolbenähnliche Verdickung stellenweise von einigen Lagen flacher Zellen mit spindelförmigen, basophilen Kernen umgeben.

D Arachnoidale Zotte mit psammomatösen Verkalkungen im Falxbereich nahe des Sinus sagittalis superior des mittleren Drittels.

Abb. 4: Vergleich einer arachnoidalen Zotte im sinusnahen Bereich der Fissura longitudinalis cerebri (oben) mit einem Meningom vom Übergangszelltyp (unten). Es besteht weitgehende Übereinstimmung in den psammomatösen Verkalkungen.

oben : Katze Nr. N 286/78, 6 Jahre, weiblich, HE, 120x

unten: Katze Nr. N 153/83 EL 575, ca. 12 Jahre, männlich, HE 300x



Tgb Nr N 153/83 P 465/83 EL 575

S Katze, ca. 12 Jahre, männlich, kastriert

A seit Wochen mangelnder Appetit, Stomatitis, Gingivitis, erhöhter Harnstoff, Leukocytose

PAD renale Urämie

M Gut erbsengroße Umfangsvermehrung im III. Ventrikel ventral des Corpus callosum.

LM Die Zubildung läßt im dorsalen Bereich (Winkel zwischen Ammonshorn und Corpus callosum) eine unscharfe Begrenzung gegenüber dem ZNS-Gewebe erkennen. Einzelne Tumorzellen infiltrieren entlang eines venösen Gefäßes des Corpus callosum. Andernorts besteht eine intensive Lagebeziehung zwischen Hirnsubstanz und Tumor bei Kompression des Corpus callosum.

Das zell- und faserreiche Gewebe wird von zahlreichen hyperämischen Kapillaren durchzogen. Wirbelformationen wie auch regellose Zellanordnungen prägen im Verein mit starken Verkalkungen das histologische Bild. Letztere finden sich in den unterschiedlichsten Formen (schollig, stabförmig, kugelähnlich, bei erkennbarer Schichtung aber unregelmäßigen äußeren Konturen). Die Zellen sind vorwiegend langgestreckt, spindelartig, wobei viele Varianten bestehen (z.B. lang ausgezogene, spitz zulaufende Enden des Zellkerns , abgerundete Nuclei, dreieckige Formen). Daneben treten die großen, ovalkernigen Zellen deutlich in den Hintergrund und sind auf einzelne Inseln begrenzt. Die reichlich vorhandenen Bindegewebsfasern verlaufen meist perizellulär und sind durch starke Verzweigungen und häufige Richtungswechsel gekennzeichnet.

EL Die im allgemeinen nur kurzen Zellfortsätze zeigen teils geringe, teils stärkere Interdigitationen. Die ausgeprägten Verkalkungen sind durchweg unregelmäßig. In einem Bereich formieren sich kollagene Strukturen um einen zentralen Kalkherd in verschiedenen Richtungen (quer- und längsverlaufend). Stellenweise wird der Eindruck einer intrazellulären Kalkablagerung vermittelt.

Bezüglich der Elektronendichte lassen sich zwei Zellarten unterscheiden:

1. helle Zellen mit runden bis ovalen Nuclei, deutlichem Nucleolus und nur leicht verklumptem Heterochromatin und

2. dunkle Zellen mit gelappten, bizarren oder stabförmigen Kernen, deren Heterochromatin randständig angeordnet ist, einem reichlichen Gehalt an Ergastoplasma und vielen Cytofilamenten.

Die erweiterten Interzellularräume enthalten Kollagen der verschiedensten Größenordnungen.

D Meningom vom Übergangszelltyp mit ausgeprägter Bindegewebskomponente und umfangreichen Verkalkungen (v.a. psammomatös) in der Tela chorioidea des III. Ventrikels, ventral des Corpus callosum und medial des Ammonshorns.

Tgb Nr N 11/67 P 88/67

S Katze, 11 Jahre, weiblich

A Chylothorax, Erguß in der Bauchhöhle

PAD Lymphosarcomatose

M Ca. haselnußgroßer Knoten an der Convexität der linken Großhirnhemisphäre im Bereiche der Temporal-Occipitalgrenze mit pfenniggroßer, kraterförmiger Kompression des Hirns. Mehrere linsengroße grauweiße Knoten im Falxbereich.

LM Bei der histologischen Untersuchung wird ein weiterer kleinhaferkorngroßer Knoten in der Tela chorioidea des III. Ventrikels sichtbar. Er scheint isoliert in der Hirnkammer zu liegen. Es imponieren zahlreiche kleine Wirbelformationen. Einige größere Wirbel sind zuweilen von mehreren fast kreisrunden Zellagen umgeben, während das Zentrum wiederum von kleinen konzentrischen Zellanordnungen gebildet wird, in dessen Mittelpunkt häufig eine einzelne Zelle mit großem blasenförmigen Nucleus angetroffen wird. Züge spindelartiger Zellen unterteilen das Gewebe im Verein mit zahlreichen perizellulären kollagenen Fasern. Die Zellverbände erscheinen stellenweise, vorwiegend in den Wirbelzentren, vakuolig aufgelockert (Fettzellen!). Auch der Faserverlauf ist wenig kompakt, netzartig bis feinmaschig. Während die Hauptmasse der Umfangsvermehrung einen ausgeglichenen Bindegewebs- und Zellanteil aufweist, fällt daneben aber auch ein faserreicher Bezirk von fibrösem Charakter auf. Verkalkungen finden sich sowohl in kugelförmigen Ablagerungen als auch in scholligen Niederschlägen. Die Kalkkugeln lassen zumeist eine konzentrische Schichtung vermissen. Das Gewe-

be ist nur spärlich mit Gefäßen versorgt.

D Multiple übergangszellige und fibröse Meningome an der Großhirn-Convexität, im Bereiche der Falx cerebri und der Tela chorioidea des III. Ventrikels.

Tgb Nr N 316/67 P 2681/67

S Katze, 7 Jahre, männlich

A frißt seit Monaten kaum, wurmbehandelt

PAD Leukose

M o.b.B.

LM Histologisch läßt sich eine stecknadelspitzengroße Umfangsvermehrung im III. Ventrikel medial der linken Stria medullaris erkennen. Die Anordnung ist eine grobkonzentrische um ein zentral gelegenes Gefäß. Daran schließen sich kollagene Fasern und wenige Zellen mit runden bis ovalen Zellkernen an, deren Heterochromatin leicht verklumpt und gleichmäßig über den Nucleus verteilt ist. Zuweilen ist ein Nucleolus mehr oder weniger deutlich sichtbar. In die nächstfolgenden Schichten, bestehend aus alternierenden kollagenen Fasern und spindelartigen Zellen mit langen Fortsätzen und stark basophilen Kernen, sind weitere konzentrische Gebilde knospenähnlich eingebettet. Das Zentrum derartiger Knospen besteht aus kleinen Kalkkugeln. Zur Peripherie hin fällt zum einen eine Tendenz zum Konfluieren kleiner Kalkherde und zum anderen die Neigung zur Bildung weiterer kleiner Psammome auf. Obwohl eine gewebliche Verbindung mit dem Plexusstroma besteht, ist die Umfangsvermehrung dennoch von ihrer Umgebung deutlich abgegrenzt.

Die Dura mater zeigt im Bereiche der Falx cerebri eine Durchsetzung mit zahlreichen soliden Kalkkugeln, die von keinerlei zellulären Elementen begleitet werden. An der Mantelkante des mittleren Hirnbereichs erscheinen die Zellen der

Arachnoidea bis zu mehreren Schichten proliferiert. Die beiden schon genannten Zellarten sind in ein faserreiches Stroma eingebettet. In der Tiefe der Falx cerebri, nahe des Sulcus corporis callosi, findet sich eine Wandverkalkung einer kleinen Arterie.

D Mikromeningom vom übergangszelligen Typ in der Tela chorioidea des III. Ventrikels medial der linken Stria medullaris.

Tgb Nr N 23/68 P 89/68

S Katze, 7 Jahre, weiblich

A Hauttumoren exstirpiert, Exitus

PAD Synechien zwischen Milz, Netz und Mesogastrium

M Flächige und knotige Verdickung der Dura mater und des Periosts im cranialen Basisbereich sowie im Bereich der Falx cerebri und des Cerebellums.

LM Bei der histologischen Untersuchung offenbart sich in der Tela chorioidea des III. Ventrikels (nahe der Fissura chorioidea) darüber hinaus eine ca. hirsekorngroße, kugelartige Zubildung und zwei stecknadelspitzengroße gleichartige Gebilde. Die größere Umfangsvermehrung scheint bis auf eine dünne, stielähnliche Verbindung mit der Tela chorioidea frei im III. Ventrikel zu liegen. Nach außen wird sie von mehreren Lagen schlanker, dicht gelagerter Zellen abgegrenzt, deren Kerne zigarrenförmig und stark basophil sind. In Richtung Kugelzentrum wird die Zellanordnung zunehmend lockerer bei reichlicherem Gehalt an Bindegewebsfasern. Zwischen den teils parallelen, teils ungeordneten Faserzügen liegen wenige großleibige Zellen mit ihren voluminösen ovalen, blasenförmigen Nuclei und zahlreiche Stromazellen mit ihren langgestreckten stark basophilen Kernen. Die Formation zu kleinen, konzentrischen Wirbeln wurde in den Randbezirken einige Male angetroffen, wobei das Zentrum jeweils aus einer großkernigen Zelle bestand. Die kleinen Zubildungen sind von ähnlicher Struktur, jedoch ohne deutliche kapselartige Abgrenzung. Eine von ihnen weist eine enge gewebliche Verbindung mit der Te-

la chorioidea auf. Einige solide Kalkkugeln, die teilweise konfluierten, imponieren darüber hinaus in der Tela chorioidea, ohne von Zellproliferationen begleitet zu werden.

D Multiple Mikromeningome vom fibrösen Typ in der Tela chorioidea des III. Ventrikels (nahe der Fissura chorioidea), in der Falx cerebri, an der Schädelbasis sowie im Bereiche des Cerebellums.

Tgb Nr N 5/83 P 26/83 EL 549

S Katze, 22 Jahre, männlich

A seit 2 Jahren rezidivierende Hauttumoren im Kopf- und Schulterbereich

PAD multizentrisches Auftreten von Tumoren (Adenome, Carcinome)

M Dura mater im Bereiche der Schädel-Convexität und der Falx cerebri stellenweise verdickt und von kreidigem Aussehen.

LM Im Semidünnschnitt imponieren zahlreiche Psammome in subduraler Lage, teilweise zu mehreren Lagen übereinander gestapelt. Außen werden sie von mindestens einer bis mehreren Zellagen und kollagenen Fasern umgeben. Die konzentrischen Verkalkungen dominieren in den meisten Bereichen die zelluläre Komponente. Stellenweise sind die zentralen Calcifizierungen allerdings auch von mehreren Zellschichten umgeben, so daß beide Anteile in etwa ausgeglichen sind. Ein Areal ist relativ zellreich bei regelloser Anordnung und wird von zahlreichen, sich verzweigenden Bindegewebsfasern durchzogen.

D Multiple psammomatöse Meningome der Großhirn-Convexität und der Falx cerebri.

Tgb Nr N 163/82 P 932/82 EL 508

S Katze, 11 Jahre, männlich, kastriert

A epileptiforme Anfälle seit 4 Jahren

PAD tötungsbedingte Veränderungen, Anämie

M o.b.B.

LM In der Fissura longitudinalis cerebri des mittleren Bereiches imponiert ein einzelnes, konzentrisches, lamellär geschichtetes Körperchen, ein weiteres über dem Sulcus rhinicus posterior. Etwas unterhalb des ersteren befindet sich dann noch ein konzentrisch geschichtetes Psammom von etwa gleicher Größe. Alle drei Gebilde scheinen völlig isoliert zu liegen. Über der Fissura lateralis Sylvii ist dagegen eine Anhäufung von lamellär geschichteten Körperchen unterschiedlicher Größe vorhanden. Weitere kleine, gleichartige Gebilde sind in der Tela chorioidea des III. Ventrikels anzutreffen. Abgesehen von dem Psammom sind alle übrigen konzentrischen Formationen völlig kalkfrei. Das Zentrum wird von einer homogen erscheinenden, eosinophilen Masse (Hyalin) erfüllt. Daran schließt sich eine Zellschicht mit großen, bananenförmig gekrümmten Kernen an, deren Enden teilweise spitz zulaufen. Das nur mäßig vorhandene Heterochromatin ist leicht verklumpt und gleichmäßig über den Nucleus verteilt. Die weiteren Lamellen entstehen durch alternierende spindelförmige Zellen, kollagene Fasern und den eben genannten Elementen bei netzartiger Auflockerung des Gewebes. Ein kleines Areal fällt durch regellose Zellanordnung auf.

Abb. 5: Gegenüberstellung zweier typischer Meningomtypen bei der Katze

oben : Psammomatöses Meningom bei Katze Nr. 5/83 EL 549, 22 Jahre, männlich, kastriert

links : Psammomfeld mit geringer Proliferationstendenz und ausgeprägten konzentrischen Verkalkungen

Semidünnschnitt, Azur-Blau, 120x

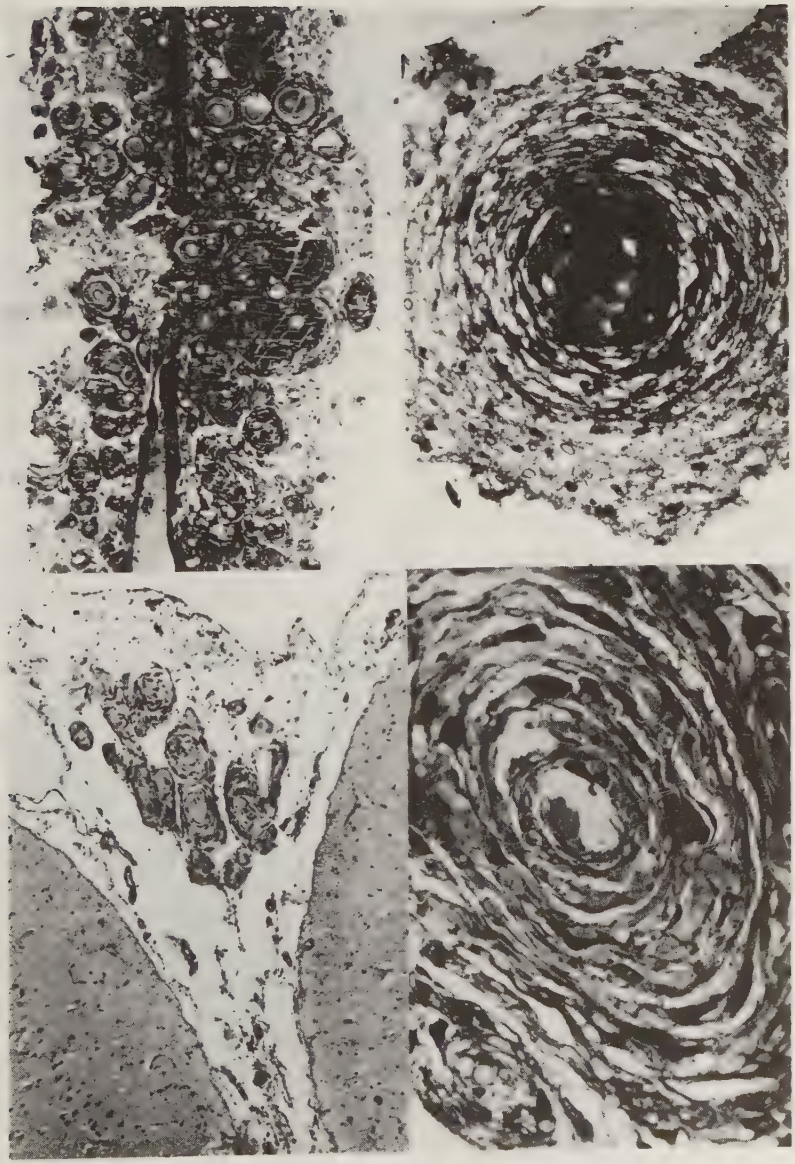
rechts: Tumorknötchen mit beginnender zentraler Verkalkung

Semidünnschnitt, Azur-Blau, 300x

unten : Umschriebenes Meningomfeld (Mikromeningom) in der Fissura lateralis Sylvii vom übergangszelligen Typ, jedoch stellenweise deutliches Überwiegen des Kollagenanteils.
Katze Nr. 163/82, 11 Jahre, männlich, kastriert

links : Übersicht HE 75x

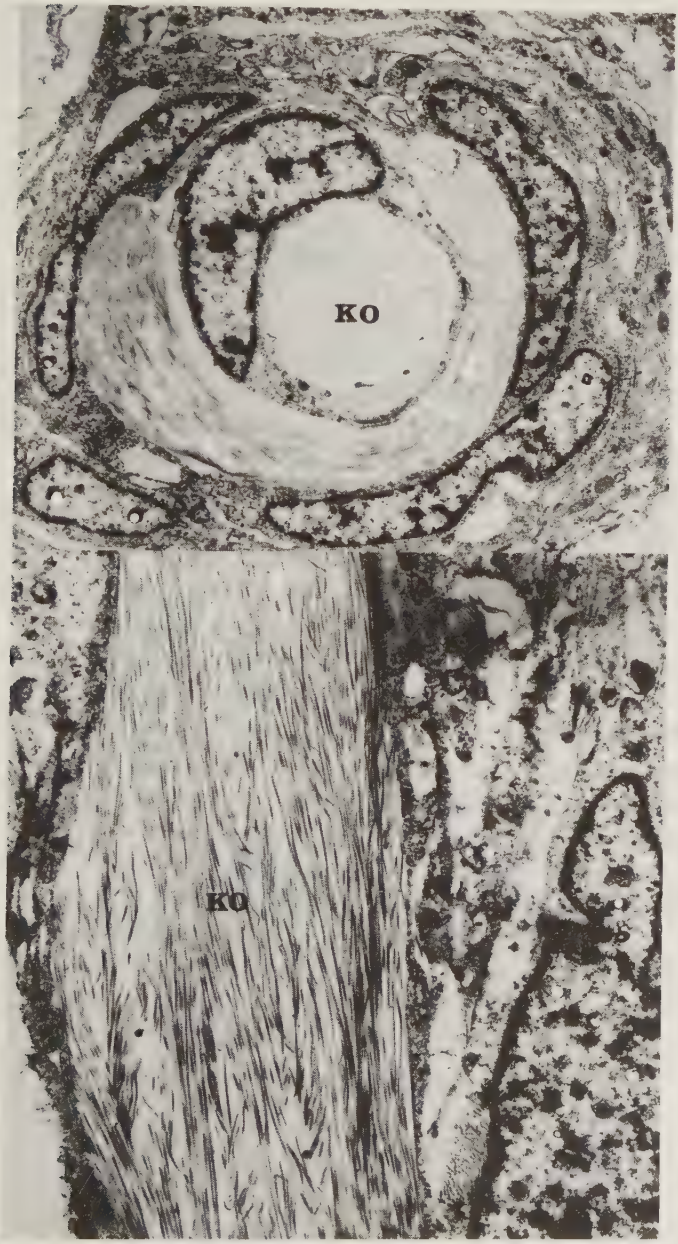
rechts: Semidünnschnitt, Azur-Blau, 750x



EL An den konzentrischen Formationen sind Zellen und kollagene Fasern etwa gleichermaßen beteiligt. Die Zellkerne sind langgestreckt mit vorwiegend randständiger Verteilung des spärlichen Heterochromatins und möglichen Kerninvaginationen. Daneben kommen auch elektronendichte Zellen vor. Sowohl helle als auch dunkle Zellen nehmen am Aufbau der konzentrischen Formationen Anteil. Im Zentrum befindet sich quergeschnittenes Kollagen, das von einer ringförmigen Zelle, deren zarte, dünne Fortsätze einander berühren, umgeben wird. Die weiteren Lagen sind spiralig angeordnet und entstehen durch alternierende gleichartige Zellen mit ihren schlanken Fortsätzen und Kollagen, das im Wechsel längs- und quergeschnitten ist (walzenförmige Formation). Die cytoplasmaarmen Zellen enthalten mitunter zahlreiche Cytofilamente und ribosomale Rosetten.

D Multiple Mikromeningome vom übergangszelligen Typ im Bereiche des Sulcus rhinicus posterior, der Fissura lateralis Sylvii, der Tela chorioidea des III. Ventrikels sowie der Fissura longitudinalis cerebri.

Abb. 6: Elektronenmikroskopisches Bild eines Meningoms vom Übergangszelltyp bei Katze Nr. 163/82, 11 Jahre, männlich, kastriert (vgl. Abb. 5 unten!) 2400x (oben) und 2700x (unten)
KO = Kollagen



Da die konzentrisch konfigurierten Tumorareale nicht immer kugelig, sondern z.T. auch walzenförmig sind, ergeben sich charakteristische Quer- (oben) und Längsschnitte (unten).

Tgb Nr N 43/69 P ?

S Katze, ca. 10 Jahre, männlich

A ?

M Multiple Umfangsvermehrungen der Dura mater von Hirsekorn- bis Kirschkerngröße.

LM Das zellreiche Tumorgewebe erfährt eine insel- bzw. alveolenartige Anordnung. Die dicht gepackten Zellen lassen ihre Grenzen kaum erkennen. Das nur spärliche Stroma bleibt auf dünne Trabekel beschränkt, die das Parenchym in Lobuli unterteilen. Die vorherrschenden Zellelemente sind von großer Gestalt und besitzen einen ovalen bis polygonalen blassen Nucleus. Die abgeflachten stark basophilkernigen Zellen sind demgegenüber deutlich in der Minderheit. Zwischen gut erhaltenen Zellinseln befinden sich Areale mit den unterschiedlichsten Kerndegenerationen. Auch in den Zentren der wirbelähnlichen Zellgruppen unterliegen die Nuclei häufig pyknotischen und karyorhektischen Veränderungen. Das Cytoplasma ist von feingranulärer Beschaffenheit. Bis auf wenige feinschollige Niederschläge ist das Gewebe kalkfrei.

Ein weiterer Tumor weist dagegen eine mittelgradige Verkalkung in Form solider, nicht geschichteter Kalkkugeln auf.

D Multiple meningotheliomatöse Meningome.

Tgb Nr N 476/74 P 2178/74

S Katze, 16 Jahre, weiblich

A Vergiftung?

PAD Leukose?

M Zwei linsengroße Zubildungen in der Falx cerebri sowie eine etwa gleichgroße in der Tela chorioidea des III. Ventrikels ventral des Corpus callosum.

LM Die Umfangsvermehrung der Tela chorioidea wird in der Peripherie von mehreren Schichten abgeflachter, dicht gepackter Zellen umgeben. Das histologische Bild des übrigen Gewebes wird bestimmt durch Haufen großleibiger und -kerniger Zellen, die mit zahlreichen kollagenen Fasern vornehmlich richtungsgleich verlaufen und den Tumor untergliedern. Die Gewebsverbände sind allenthalben netzartig aufgelockert. Das Corpus callosum wird stark komprimiert. Eine Infiltration des ZNS-Gewebes findet jedoch nicht statt. Typische Wirbelformationen sind relativ selten und nur bei geringer Vergrößerung erkennbar. In deren Zentrum unterliegen die Kerne mitunter Degenerationserscheinungen (Pyknose und Karyorhexis). Stellenweise neigen auch kollagene Fasern zur konzentrischen Anordnung, ohne daß zelluläre Bestandteile beteiligt wären. Verkalkungen kommen nur vereinzelt in Form kleiner solider Kalkkugeln vor, die eine konzentrische Schichtung vermissen lassen und außen von keinerlei Zellen umgeben sind. Der Tumor weist eine intensive Lagebeziehung zum Plexusstroma auf. Entzündungszellen sind im gesamten Gewebe mehr oder weniger verstreut anzutreffen. Daneben imponieren größe-

re, vorwiegend perivaskuläre Entzündungsherde mit ausgeprägten karyorhektischen und pyknotischen Kernveränderungen.

Die Gefäßversorgung des Tumors ist außerordentlich spärlich.

Das Bild der duralen Zubildungen wird von einem geringeren Bindegewebsanteil und einer massiven Verkalkung geprägt. Letztere findet sich hauptsächlich in Form scholliger Niederschläge, die diffus abgelagert werden und weniger als konzentrisch geschichtete Psammome. Die entzündliche Komponente weist hier das gleiche Verteilungsmuster auf. In Gefäßnähe wurden zuweilen massive Pigmentansammlungen offenbar.

D Drei übergangszellige Meningome der Falx cerebri sowie der Tela chorioidea des III. Ventrikels ventral des Corpus callosum mit herdförmiger entzündlicher Komponente (v.a. lymphocytär und plasmazellulär).

Tgb Nr N 585/75 P 2122/75

S Katze, 6 Jahre, männlich

A keine Krankheitserscheinungen

PAD Herzdilatation, Zahnstein

M Einzelne, bis stecknadelkopfgroße Zubildungen der Dura mater im Bereiche des Tentorium membranaceum osseum.

LM Das zell- und faserreiche Gewebe zeigt stellenweise eine regellose Anordnung, andernorts hingegen eine Formation zu Inseln oder Wirbeln und zu breiten, nahezu parallelen Zellzügen, die von reichlichen kollagenen Fasern begleitet werden. Auffällig ist die starke Verkalkung des Tumors, die hauptsächlich in Form von Balken und Platten zutage tritt und weniger in der Form konzentrischer Psammome. Das Tumorzentrum ist nahezu kalkfrei, während zur Peripherie hin ein breites, kalkreiches Band das Gewebe durchzieht. Wirbelformationen sind nur im Zentrum der Zubildung in großer Anzahl erkennbar. Morphologisch lassen sich drei Zellarten unterscheiden:

1. Cytoplasmareiche Zellen mit ihren großen, ovalen bis runden, blassen Kernen, deren Chromatin leicht verklumpt und gleichmäßig über den Nucleus verteilt ist, und den markanten Nucleoli

2. relativ cytoplasmaarme Zellen mit langen Fortsätzen und langgestreckten, stabförmigen, etwas basophileren Kernen, deren Kernstruktur der der ersten Gruppe entspricht

3. spindelförmige Zellen mit stark basophilen

Kernen, deren Cytoplasma zu langen spitzen Fortsätzen ausgezogen ist. Ihr Karyoplasma erscheint fast gleichmäßig basophil und wird von einer kräftigen Kernmembran umgeben.

Die beiden letzteren durchziehen das Gewebe in parallelen und verzweigten Zellzügen, in deren Nischen die erste Gruppe in den schon erwähnten Formationen zu liegen kommt.

Die Peripherie des Tumors ist von deutlicher Atypie gekennzeichnet: Eine völlig regellose Anordnung polymorpher Zellen wird von einer geringen entzündlichen Reaktion begleitet.

In und unter der Dura mater anderer Bereiche finden sich gleichermaßen große Kalkschollen, ohne von zellulären Elementen umgeben zu werden.

D Multiple, stark verkalkte Meningome vom Übergangszelltyp des Tentorium membranaceum osseum.

Tgb Nr N 422/82 P 2508/82 EL 537

S Katze (Siam), 14 Jahre, weiblich, kastriert

A zentralnervöse Störungen: Seitenlage, tonischer Krampf aller vier Gliedmaßen, Drehbewegung nach rechts; Foetor ex ore; nach Injektion (?) erst Besserung, dann Niederbruch

M Ca. kirschgroße, halbkugelige Umfangsvermehrung von blumenkohlartiger Oberfläche an der Schädelkalotte der rechten Großhirnhemisphäre. Der Knochen ist im Randgebiet der Zubildung sichtbar verdünnt. An der Schädelinnenseite befindet sich eine kleinwalnußgroße, hellbraune, nahezu kugelige Umfangsvermehrung, die von der Dura mater überzogen ist und sich nicht von der Kalotte lösen läßt. Die rechte Großhirnhemisphäre unterliegt im Bereiche der Lobi parietalis et occipitalis einer massiven Kompressionsatrophie. Die Schnittfläche der Zubildungen erscheint marmoriert und grobkörnig. Neben der osteolytischen Veränderung (auch die linke Schädelkalotte ist papierdünn) wird der Knochen von einer Hyperämie der Diploë gekennzeichnet.

LM Ausgeprägte Bindegewebszüge in häufig paralleler Verlaufsrichtung verleihen dem Tumor teilweise einen fibrösen Charakter. Daneben befinden sich die großleibigen Zellen mit ihren blassen Nuclei, zu Haufen oder Inseln angeordnet, quantitativ deutlich in der Minderheit. In den verzweigten Bindegewebszügen lassen sich zwei Zelltypen erkennen:

1. Zellen mit langen Fortsätzen und stabförmigen Kernen, deren Feinbau dem der ovalkernigen Zellen entspricht und

2. spindelige, ausgesprochen cytoplasmaarme Zellen mit langen, spitzen Fortsätzen und gleichmäßig basophilen Nuclei.

Es bestehen jedoch auch Übergangsformen, die sich nicht zu einem der obigen Typen zuordnen lassen. Infolge häufiger Richtungswechsel entsteht ein grobes Maschenwerk, in dessen Lücken die großen, ovalkernigen Zellen teils regellos, teils richtungsgleich eingefügt sind. Das Tumorgewebe ist (bis auf einen relativ kalkreichen Bezirk) kalkarm und sehr gefäßreich (Hyperämie). Einzelne verstreute Entzündungszellen sowie xanthomatöse Veränderungen sind anzutreffen. Mit WILDERs Bindegewebsfärbung läßt sich der Faserreichtum und das völlige Fehlen von Bindegewebe in den Zellinseln und -wirbeln gut demonstrieren.

EL Elektronenmikroskopisch offenbaren sich ausgeprägte Interdigitationen von Plasmamembranen benachbarter Zellen. Zellkontakte sind zahlreich in Form von Desmosomen, tight junctions, gap junctions und Hemidesmosomen. Letztere sind mit einer Cytoplasmaverdichtung der beteiligten Membran versehen und zeigen zwischen dem granulären Material in dem erweiterten Interzellularspalt und der Zellmembran eine helle Zone. Die Zellkerne sind langgestreckt und werden von einer leicht unregelmäßig verlaufenden Nuclearmembran umgeben. Die erweiterten interzellulären Räume enthalten Kollagen der verschiedenen Reifestadien oder ein feingranuläres Material. Einzelne elektronendichte Zellen zeigen lange Cisternen des rauhen endoplasmatischen Retikulums, zahlreiche lysosomale Strukturen und ribosomale Rosetten sowie Cyto-

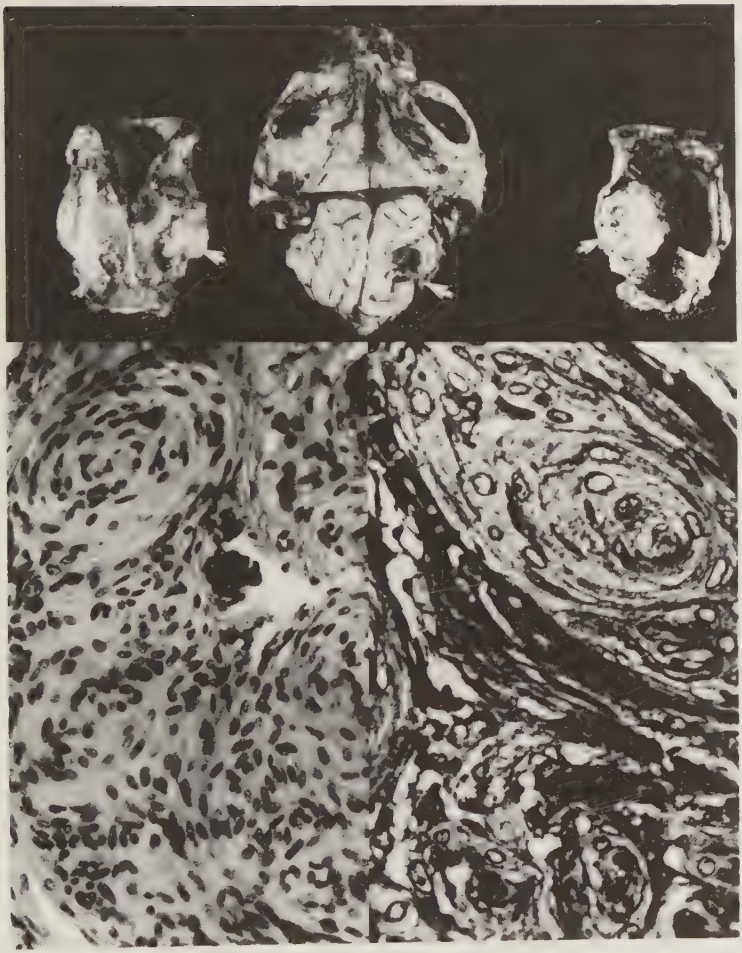


Abb. 7: Convexitätsmeningom vom Übergangszelltyp bei der Katze Nr. 422/82 EL 537, 14 Jahre, weiblich, kastriert

oben : Makroskopischer Befund (1/2 natürliche Größe), der die osteolytische Penetration der Kalotte und die kollaterale Kompressionsatrophie der rechten Großhirnhemisphäre zeigt.

unten: Histologisches Bild des Tumors: rechts im HE-Präparat, 300x; links im Semidünnschnitt, Azur-Blau, 750x

filamente in mittlerer Anzahl. Die Mitochondrien sind mitunter von enormer Größe.

D Übergangszelliges Meningom der rechten Großhirn-Convexität mit ausgeprägter Bindegewebskomponente und osteolytischen Knochenveränderungen ("extracranielles Meningom") sowie einer massiven Kompressionsatrophie der rechten parietalen und occipitalen Großhirnhemisphäre.

Tgb Nr N 143/80

S Katze, 7 Jahre, männlich, kastriert

A Erbrechen, Apathie, Jammern, Im-Kreis-Laufen

M Haselnußgroße Umfangsvermehrung der Falx cerebri.

LM Große Areale der Umfangsvermehrung weisen eine hohe Zelldichte auf, deren Nuclei groß und oval sind mit gleichmäßiger Verteilung des nur mäßig verklumpten Heterochromatins und gut definierter Kernmembran. Ein bis zwei prominente Nucleoli lassen sich in der überwiegenden Zahl der Zellen erkennen. Die Cytoplasmagrenzen sind syncytiumartig verschwommen. Die eindrucksvollste Erscheinung dieses Tumors sind zahlreiche Wirbelformationen aller Größenordnungen. Bezüglich der Gestaltung des Zentrums wurden folgende Varianten beobachtet:

1. dichte und regellose Zellhaufen mit teilweise stark geblähten Kernen

2. Kerntrümmerzonen, begleitet von lokalen entzündlichen Reaktionen (vorwiegend Lymphocyten, vereinzelte Leukocyten)

3. Hyalin

4. Kalkablagerungen (nur ganz vereinzelt)

Die Peripherie derartiger Wirbel wird in der Hauptsache von konzentrisch verlaufenden kollagenen Fasern gestaltet, wogegen die spindelartigen Zellen nur ausnahmsweise hieran beteiligt waren. In diesen reinen meningotheliomatösen Bezirken sind Bindegewebsfasern, neben der gerade genannten Lokalisation, auf zarte Trabekel be-

schränkt, die das Gewebe im Verein mit zahlreichen Blutgefäßen untergliedern.

Neben den wirbeligen Zellanordnungen kommen fast ebenso häufig völlig regellose, dicht gepackte Zellhaufen oder richtungsgleich orientierte Zellzüge vor. Auch hier wurden derartige Zellballungen von kollagenen Fasern und wenigen spindeligen Zellelementen umgeben.

Neben den meningotheliomatösen Arealen zeigt sich andernorts eine starke Bindegewebszunahme und verleiht dem Gewebe das Bild eines übergangszelligen Typus. Kalkablagerungen sind außerordentlich selten.

D Vorwiegend meningotheliomatöses Meningom mit Arealen vom übergangszelligen Typ in der Falx cerebri.

Tgb Nr N 393/82 P 2327/82 EL 539

S Katze, 16 Jahre, weiblich

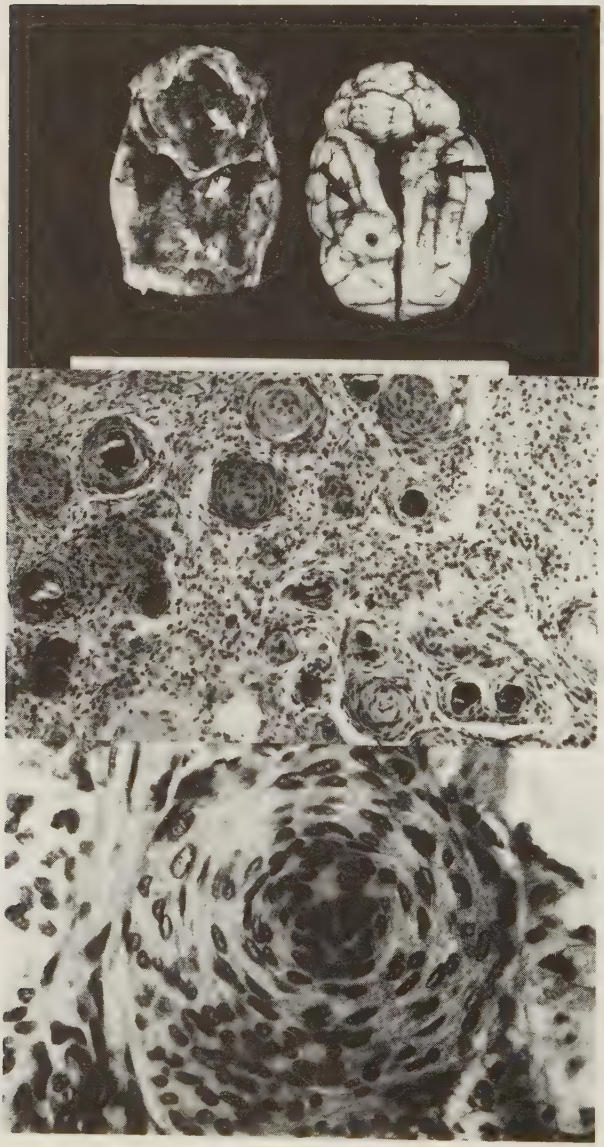
A Erbrechen und Durchfall seit 2 Tagen, zunehmender Verfall, Diabetikerin, in Seitenlage eingeliefert

PAD Verdacht auf Diabetes mellitus; Gastroenteritis

M Gut bohnengroße, blumenkohlartige Umfangsvermehrung an der Convexität der rechten Großhirnhemisphäre des parietalen Bereichs mit zentraler, stecknadelkopfgroßer, nabelähnlicher Einsenkung. Ein korrespondierendes Knötchen ist an der Schädelkalotte sichtbar. Ebenso sind weitere stecknadelspitzen- bis stecknadelkopfgroße runde Zubildungen im Klein- und Großhirnbereich (basal und Convexität) sowie im caudalen Drittel der Falx cerebri, die fast alle mit dem Schädelperiost innig verbunden sind, vorhanden. Die bohnengroße Umfangsvermehrung wird, mit Ausnahme eines kleinen Areals, von der Dura mater unterlegt. Die Schädelkalotte ist flächenhaft hyperostotisch verändert.

LM Das außerordentlich zellreiche Gewebe erhält durch zahlreiche Wirbelformationen unterschiedlicher Größenordnungen sein spezifisches Bild. Unklar begrenzte, große blaßkernige Zellen sind dominierend. Die spindelartigen Zellelemente sind ebenso wie die kollagenen Fasern auf dünne Straßen begrenzt, die zwischen den Wirbeln verlaufen. Einige Areale werden von einer stärkeren Bindegewebskomponente geprägt. Die Wirbelzentren enthalten Kalk, Hyalin oder Gefäßlumina. Die erste Variante wird am häufigsten in Form konzentrisch geschichteter Kalkablagerungen angetrof-

Abb. 8: Multiple Meningome an den Groß- und Kleinhirn-Convexitäten, die im wesentlichen dem Übergangszelltyp zuzuordnen sind, stellenweise aber deutliche psammomatöse Einschläge erkennen lassen.
Katze Nr. 393/82, 16 Jahre, weiblich



oben:
Makroskopischer Befund

Mitte:
Übergangszelliges Meningom mit psammomatöser Komponente, HE, 120x

unten:
Meningomwirbelchen, HE, 480x

fen, deren Peripherie jedoch unregelmäßig konturiert ist. Xanthomatöse Veränderungen wie auch Entzündungszellen (Makrophagen, Lymphocyten) kommen vor. Die Zubildung ist reichlich vaskularisiert.

Im Bereich des Sulcus ansatus findet eine Infiltration des Hirngewebes in Form von zottigen bis halbkugeligen Vortreibungen statt, die dennoch vom Zentralorgan scharf abgegrenzt sind.

In einem Duraknötchen sind Bindegewebskomponente und Verkalkungen stärker ausgeprägt. Ansonsten zeigt sich der gleiche spezifische Aufbau.

EL Die elektronenmikroskopische Untersuchung erbrachte keine weiteren Befunde, da das Gewebe fortgeschritten autolytisch war.

D Multiple Meningome vom übergangszelligen Typ mit psammomatösen Verkalkungen an der Convexität der rechten Großhirnhemisphäre, der Falx cerebri, des Kleinhirns sowie der Schädelbasis.

Tgb Nr N 9/84 P 90/83

S Katze, 22 Jahre, weiblich

A Erbrechen, Inappetenz

PAD Pancreas-Carcinom, Metastasen (Sternallymphknoten, Milz)

M Mehrere stecknadelkopfgroße grauweiße Knötchen in der Falx cerebri sowie eine gut bohnengroße Umfangsvermehrung zwischen Chiasma opticum und Hypophyse von speckiger Beschaffenheit.

LM Im III. Ventrikel (ventral des Fornix) befindet sich eine weitere zell- und faserreiche Zubildung mit starker Verkalkung. Größere Kalkgebiete sind meist von unregelmäßiger Kontur und zentral aufgehellt. Daneben kommen kleine, konzentrisch geschichtete Psammome und sternförmige Kalkniederschläge vor. Einzelne Wirbel liegen zwischen den sonst mehr regellos angeordneten Zellen. Spindelartige und großleibige Zellen mit ihren ovalen, chromatinarmen Nuclei sind anteilmäßig in etwa ausgeglichen. Cholesterinkristalle ragen in dem einen Bereich zapfenartig in die Hirnkammer hinein. Reichliches Bindegewebe unterteilt den Tumor in einzelne Lobuli.

Die Umfangsvermehrung zwischen Chiasma opticum und Hypophyse wird dagegen von einem unruhigen Gewebebild geprägt. Die dicht an dicht gelegenen Tumorzellen lassen keine geordneten Zellverbände erkennen. Die Zellkerne sind stark abgerundet, häufig polymorph und unterliegen nicht selten Degenerationserscheinungen. Nur wenige Nuclei sind von ovaler Gestalt mit gleichmäßiger Chromatinverteilung und deutlichem Nucleolus. Das Gewebe ist praktisch faserfrei. Einzelne Mitosen konn-

ten beobachtet werden.

D Multiple Meningome vom übergangszelligen Typ (Falx cerebri und Tela chorioidea des III. Ventrikels, ventral des Fornix) sowie sarcomatöses Meningom der Schädelbasis.

Tgb Nr P 52/82 EL 462

S Katze, 10 Jahre, weiblich

A Inappetenz, Anämie, erhöhter Harnstoff, Nieren vergrößert

PAD Leukose

M In der Falx cerebri sind drei knotenähnliche, gelbliche Verdichtungen des Duragewebes im cranialen, mittleren und caudalen Bereiche sichtbar.

LM Das histologische Bild ist ein sehr unruhiges. Nur selten präsentiert sich ein geregelter Zell- und Faserverlauf in parallelen Zügen. Dagegen findet sich eine Durchmischung großer Tumorzellen, die voluminöse Kerne und Nucleoli besitzen, mit Fettzellen, Entzündungszellen und Bindegewebe. Die wenigen konzentrischen Formationen sind zentral verkalkt und von einer dicken Schicht kollagener Fasern umgeben. An der Peripherie werden sie von ein bis zwei Zellagen begrenzt. Massive Kalkeinlagerungen prägen das histologische Bild in weiten Bereichen, die meist nur von einer Schicht konzentrisch formierter Zellen und von Bindegewebsfasern umgeben werden. Daneben erwecken gleichartige, nahezu kalkfreie Anordnungen (Kalk beim Schneiden herausgelöst) den Anschein von großen Vakuolen.

EL Das unruhige bis wirre Gewebebild läßt sich elektronenmikroskopisch bestätigen. Die Zellen zeigen nur eine geringe Tendenz, Fortsätze zu bilden und sich zu verzahnen. Große Fettvakuolen und cytoplasmaarme Zellen mit einer imposanten, getigerten Verteilung des Heterochromatins kennzeichnen im Verein mit elektronendichten Zellen

und Kernen sowie hellen Zellen mit vorwiegend runden bis ovalen Nuclei und leichter Verdichtung des Heterochromatins unter der Kernmembran das Bild. Während die Mehrzahl der Zellen eher cytoplasmaarm ist, imponieren einige durch eine große Cytoplasmamasse, zahlreiche voluminöse Mitochondrien und einen mittleren Gehalt an Cytofilamenten. Die elektronendichten Zellen sind durch chromatinreiche Kerne und zahlreiche Cytofilamente gekennzeichnet. Mitunter lassen sich lysosomale Einschlüsse von mittlerer Elektronendichte erkennen. Die interzellulären Räume enthalten Kollagen oder feingranuläres Material. Die zahlreichen Verkalkungen sind z.T. von intrazellulärer Lage, wobei die Peripherie aufgefasert (nadelähnlich) und das Zentrum alternierend aufgehellt und elektronendicht ist. Die Zellen stehen über Desmosomen und tight junctions miteinander in Kontakt.

D Drei Meningome vom Übergangszelltyp mit massiven Verkalkungen der Falx cerebri des cranialen, mittleren und caudalen Drittels.

Abb. 9: Falxmeningome vom Übergangszelltyp mit psammomatöser Komponente, Katze Nr. P 52/82 EL 462, ca. 10 Jahre, weiblich

oben links : Makroskopischer Befund an der präparierten Falx

unten links : Semidünnschnitt, Azur-Blau, 120x

DM Dura mater
äÄA äußerer Anteil der äußeren Arachnoidea
iÄA innerer Anteil der äußeren Arachnoidea
T Trabekel im arachnoidalen Raum

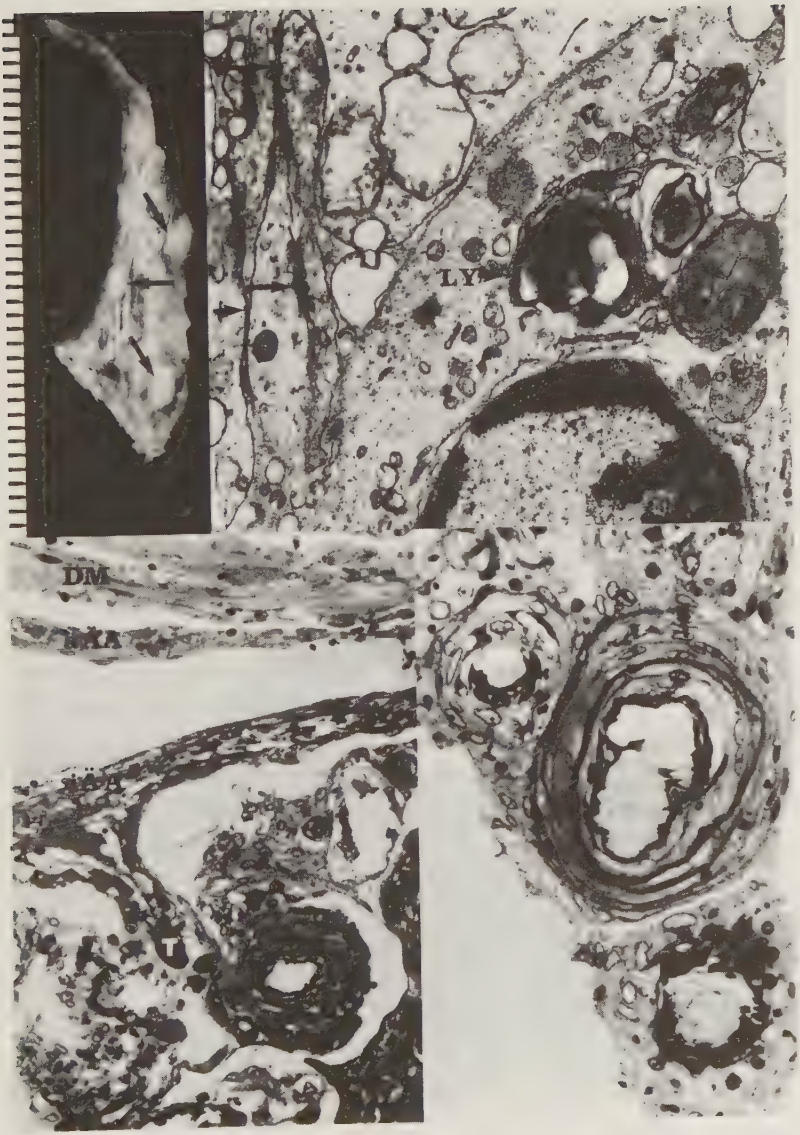
unten rechts : Semidünnschnitt, Azur-Blau, 480x

Konzentrischer Aufbau der Tumorknötchen mit zentraler (psammomatöser) Verkalkung

oben rechts : Elektronenmikroskopischer Ausschnitt, 2500x

Ly Phagolysosomen, die ein elektronendichtes, teils myelinartig verdichtetes Material enthalten

—>junctions


LY
DM
MA

Tgb Nr P 2441/81 EL 461

S Katze, 7 Jahre, männlich, kastriert

A Inappetenz seit 3 Wochen, Anämie, Erbrechen, Apathie

PAD Anämie, Leukose?

M Zwei kleinstecknadelkopfgroße, grauweiße Knötchen der Falx cerebri im mittleren und caudalen Bereich.

LM Am Gewebsaufbau sind kollagene Fasern und großleibige und -kernige Zellen etwa gleichermaßen beteiligt. Das Knötchen wird von umfangreichen Kalkfeldern durchsetzt, um die sich Zellen und Fasern grobkonzentrisch formieren. Entzündungszellen (Leukocyten, Lymphocyten) liegen verstreut im Gewebe. Einzelne Nuclei sind erheblich aufgebläht.

EL Das nicht mehr frische Tumormaterial läßt Interdigitationen von benachbarten Zellfortsätzen nur noch andeutungsweise erkennen. Umfangreiche Kalkherde und Kollagen in den verschiedensten Reifestadien bestimmen das elektronenmikroskopische Bild. Dabei überwiegen quergestreifte Kollagenfasern, die in diversen Richtungen verlaufen und nur teilweise zu parallelen Bündeln angeordnet sind, gegenüber feinen Fibrillen. Die Verkalkungen sind meist zentral aufgehellt und peripher von bizarrer Gestalt. Mitunter verlaufen kollagene Fasern übergangslos in die verkalkten Herde. Die Kerne des zellarmen Gewebes sind häufig gelappt und invaginiert bei vorwiegend randständiger Heterochromatinverteilung. Ein bis zwei Nucleoli sind bisweilen erkennbar.

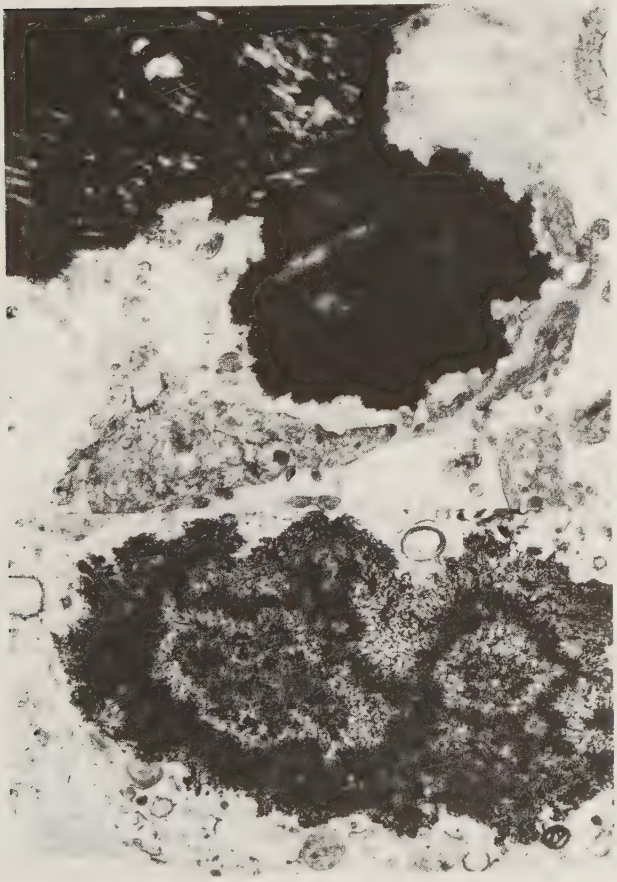
D Zwei Mikromeningome vom übergangszelligen Typ mit starker Verkalkung in der Falx cerebri des mittleren und caudalen Drittels.

Abb. 10: Hauptformen der Verkalkungen am Katzenmeningom

oben : Extrazelluläre Verkalkung, die im wesentlichen im Bereich der Kollagenfasern des Tumorknötchens stattfindet. Die Querstreifung des Kollagens ist gut zu erkennen.
Katze Nr. P 2441/82 EL 461, 7 Jahre, männlich, 25000x

unten: Intrazelluläre Verkalkung

Katze Nr. P 52/82 EL 462, ca. 10 Jahre, weiblich, 32000x



12. DISKUSSION

Mit einem Zitat von RUBINSTEIN soll das Spektrum der zur Debatte stehenden Ausgangspunkte für Hirnhauttumoren kurz umrissen werden: the meningiomas "may arise from dural fibroblasts and pial cells but most of them stem from arachnoidal cells, in particular those packing the arachnoid villi." Der Begriff des Meningoms besagt, daß derartige Neoplasien aus den Meningen ihren Ursprung nehmen. Letztere stellen jedoch keine Einheit dar, sondern bestehen aus einer Vielzahl teilweise erheblich voneinander abweichender Schichten, was in den Abschnitten 2-4 der vorliegenden Arbeit verdeutlicht ist. Somit ergeben sich auch für den Ursprung von Meningomen folgende Möglichkeiten:

1. Dura mater
2. Neurothel
3. Äußere Arachnoidea
4. Arachnoidea des arachnoidalen Raumes
5. Pia mater

Zu 1.:

Da die meisten Meningome (Ausnahmen: kleine Tumoren und intraventrikuläre Lokalisationen) eine innige Verbindung mit der Dura mater propria aufweisen, sind sie schon frühzeitig mit dieser in eine histogenetische Beziehung gebracht worden (VIRCHOW ; GLOBUS ; HENSCHEN) . Der Kollagenreichtum vieler fibröser Meningome mag für diese These gesprochen haben. Da aber die übrigen histologischen Typen, wie vor allem das meningotheliomatöse Meningom, keinerlei morphologische Ähnlichkeit mit der Dura mater propria aufweist, kommt sie entsprechend dem heutigen Wissensstand trotz einer Verhaftung der meisten

Hirnhauttumoren mit ihr, als gemeinsames Matrixgewebe wohl nicht in Betracht.

Zu 2.:

Das Neurothel besitzt dagegen strukturelle Besonderheiten, die auch den Meningomen zu eigen sind. So ist es relativ zellreich, wobei die langen Zellfortsätze zu ausgeprägten Interdigitationen (s. Abb. 1) neigen. Elektronenmikroskopisch stellen diese ein Charakteristikum vieler Hirnhauttumoren dar. Desmosomen sollen ebenfalls im Neurothel vorkommen, konnten von uns allerdings nicht erkannt werden. Ein Reichtum an Cytofilamenten ist gleichfalls in dieser subduralen Zellschicht beschrieben worden (RASCOL und IZARD, 1976) und ist von uns bei der Katze bestätigt worden. Gegen eine solitäre primäre Ursprungnahme der Meningome aus dem Neurothel sprechen jedoch folgende Kriterien:

a. Die Zellkerne der mesothelartigen subduralen Schicht sind langgestreckt und relativ elektronendicht. Die der typischen Meningomzelle sind dagegen von mehr runder bis ovaler Gestalt mit spärlichem Heterochromatin, das teilweise verklumpt ist und dem Nucleus ein blasenförmiges Aussehen verleiht. Einschränkend muß allerdings erwähnt werden, daß auch in Meningomen (fibröse und übergangszellige Typen) elektronendichte Zellen vorkommen (CERVOS-NAVARRO und VAZQUEZ, 1969; eigene Befunde).

b. Die leicht erweiterten Interzellularräume des Neurothels beinhalten ein feingranuläres Material und sind völlig kollagenfrei. Damit ist die Frage der Herkunft des Kollagens, das in jedem histologischen Typ, allerdings in unterschiedlicher Menge, zugegen ist, nicht hinreichend zu beantworten.

c. Das Fehlen von tight junctions im gesunden Neurothel spricht gleichfalls gegen eine Abstammung der Meningome

aus diesem meningealen Anteil, da derartige Zellkontakte bei Hirnhauttumoren regelmäßig vorkommen.

Zu 3.: Die äußere Arachnoidea läßt in ihren beiden Anteilen strukturelle Ähnlichkeiten mit Meningomen offenbar werden. Der äußere kollagenlose wie auch der innere kollagenenthaltende Bestandteil werden von intensiven Interdigitationen benachbarter Zellfortsätze geprägt. Desmosomen, Hemidesmosomen und tight junctions kommen sowohl in der äußeren Arachnoidea (s. Abb. 2) als auch in Meningomen zur Beobachtung. Letztere sind dabei von besonderem Interesse, da sie bis auf wenige Ausnahmen nur in der äußeren Arachnoidea anzutreffen sind und hier vor allem im Grenzbereich zwischen äußerem und innerem Anteil. Die großen ovalen bis runden Zellkerne mit ihrem vorwiegend randständig formierten, spärlichen Heterochromatin und den meist prominenten Nucleoli sind gleichfalls Befunde der äußeren Arachnoidea und der Meningome. Die unterschiedliche Dicke der Spinnwebenhaut in verschiedenen Bereichen (z.B. Mantelkante mitunter vielschichtig) bezieht sich immer auf eine Dickenzunahme dieser äußeren Arachnoidea und kann als allgemeine Potenz dieser Schicht zur Proliferation gewertet werden. Die Beobachtung von RENGACHERY und WATANABE sowie von KEPES (1982), daß derart verdickte Areale häufig zur Wirbelformation und Psammomkörperbildung neigen, bereitet der Differenzierung von Hyperplasien der Arachnoidea (BELLUR et al., 1980) und Anfangsstadien von Meningomen erhebliche Schwierigkeiten. Hinsichtlich der verschiedenen histologischen Typen läßt sich der periphere Anteil der äußeren Arachnoidea infolge der dichten Zellagerung und der Kollagenfreiheit mit den meningotheliomatösen Meningomen vergleichen (s.a. KERNOHAN und SAYRE; ZÜLCH, 1956; KEPES, 1982; Synonyme: arachnoidale Deckzellen, "cap cells", meningothelioma-

töse Zellen, Meningocyten), bei dem die wenigen Kollagenstrukturen auf zarte, gefäßführende Bindegewebstrabekel beschränkt sind. Der innere Anteil mit seinen erweiterten, kollagengefüllten Interzellularräumen erinnert dagegen mehr an den übergangszelligen und den fibrösen Typ.

Zu 4.:

Da die Arachnoidea des arachnoidalen Raumes, ähnlich den meisten Meningomen, gleichfalls von einem Reichtum an kollagenen Fasern gekennzeichnet ist, wird auch sie mit diesen in einen histogenetischen Zusammenhang gebracht (TEDESCHI et al.). Hierfür spricht die häufige Lokalisation von Mikromeningomen in vermeintlicher Position des arachnoidalen Raumes (s.a. Abb. 9; LUGINBÜHL, 1961). Dagegen läßt die Zellform (langgestreckt, länglicher Nucleus, dünne Fortsätze) gegenüber den typischen Meningomzellen deutliche Unterschiede erkennen. Auch das Fehlen von zahlreichen Zellverbindungen, wie sie den Meningomen eigen sind, dürfte ebenfalls gegen diese Hypothese sprechen.

Zu 5.:

Die Pia mater, die in früheren Untersuchungen bisweilen als Ausgangspunkt für sogenannte "leptomeningeale Meningome" (z.B. intraventrikuläre Hirnhauttumoren, HENSCHEN) angesprochen wurde, ist morphologisch nur schwer von der Arachnoidea unterscheidbar (GUSEK: Pia mater und Arachnoidea stellen die Tumorzellen). Da ihr aber die unmittelbare nachbarliche Beziehung zur Dura mater fehlt und sie zudem als teils einschichtige Lage beschrieben wird, ist eine Proliferation bis zu derartigen Ausmaßen, wie sie Meningome annehmen können, nur schwer vorstellbar. Eine wesentlich geringere Tendenz ihrer Zellfortsätze, sich miteinander zu verzahnen,

spricht gleichfalls dagegen.

Arachnoidale Zotten und Pacchionische Granulationen als meningeale Spezialeinrichtungen wurden erstmals von SCHMIDT (1902) in eine causale Beziehung zur Meningomgenese gebracht und seitdem von vielen Autoren (CUSHING, 1922; HASKINS und McGRATH; LAPRESLE et al.; GUSEK; ZÜLCH, 1956) als Matrixkomponente für diese Tumoren angesehen. Von EVANS (1968) erhielten sie die Bezeichnung "winziger, nicht neoplastischer Meningome". Eine Begründung hierfür soll in der Identität der Lieblingssitze der Meningome und den Lokalisationen von arachnoidalen Zotten und Pacchionischen Granulationen liegen. Ihre Verteilung erstreckt sich beim Menschen vor allem auf Sinus longitudinalis superior, Sinus transversus, Sinus cavernosus, mittlere meningeale Venen sowie Plexus chorioideus (WOLMAN). Untersuchungen bei Tieren sind bisher weniger auf Lokalisationen als vielmehr auf Vergleichbarkeit mit den Verhältnissen beim Menschen hin ausgerichtet worden. Bei der Katze sind arachnoidale Zotten und Pacchionische Granulationen vor allem im Bereiche des Sinus longitudinalis superior gefunden worden (HOWARTH und COOPER, 1955; ANDRES, 1967b), was durch eigene Befunde bestätigt werden kann. Eine auffällige morphologische Verwandtschaft von Zotten und Granulationen einerseits und Hirnhauttumoren anderseits ließ sich bei der Katze gleichfalls demonstrieren (s. Abb. 4). Die regressiven Veränderungen, wie psammomatöse Verkalkungen und wirbelähnliche Zellformationen machen eine Differenzierung von Mikromeningomen und Granulationen (ähnlich den arachnoidalen Hyperplasien) nahezu unmöglich. Die absolute Gefäßlosigkeit von Zotten und Granulationen kann dabei nur mitunter als Kriterium zur Unterscheidung genutzt werden, da oftmals die mit ausgeprägten Verkalkungen einhergehenden Hirnhauttumoren durch eine geradezu spärliche Gefäßversorgung gekennzeich-

net sind. Die Elektronenmikroskopie läßt darüber hinaus ultrastrukturelle Eigentümlichkeiten, wie z.B. Interdigitationen und Desmosomen erkennen, die auch den Meningomen eigen sind. Besonders interessant erscheinen hierbei die Befunde von ANDRES (1967b), die den sonst durchgehenden, verdichteten Interzellularspalt zwischen Neurothel und äußerer Arachnoidea im Bereiche der Zotten und Granulationen von Desmosomen und Kittleisten durchbrochen sehen. Da diese meningealen Spezialeinrichtungen im weiteren Sinne eine Proliferation darstellen (Entwicklung aus zelligen Haufen bzw. Knötchen: KNOCHE; FERNER; CLARA), wäre es durchaus denkbar, daß auch bei anderen Zellwucherungen, wie sie beispielsweise bei den Meningomen vorkommen, eine ähnliche Durchmischung der pachy- und leptomeningealen Bestandteile eintritt. Der von uns erhobene Befund an einer sechs Jahre alten Katze, bei der der Grenzbereich zwischen Neurothel und äußerer Arachnoidea von wenigen Desmosomen unterbrochen wurde (s.a. DERMIETZEL), könnte ebenfalls in diesem Sinne (ältere Katze - verstärkte Proliferationstendenz) gedeutet werden. Da bis heute keine systematischen Untersuchungen über die Verteilung von arachnoidalen Zotten und Pacchionischen Granulationen bei der Katze vorliegen, erscheint uns eine ausschließliche Bezugnahme auf diese meningealen Spezialeinrichtungen als histogenetische Matrixkomponente für Hirnhauttumoren bei der Katze nicht gerechtfertigt.

Das häufige Auftreten von Meningomen der Katze in der Tela chorioidea des III. Ventrikels (siehe Tabelle 5, 6 und 7) läßt die Frage nach der Histogenese in einem besonderen Licht erscheinen. Die Ansicht einiger Autoren, daß intraventrikuläre Hirnhauttumoren immer vom fibrösen Typ seien (ABBOTT und COURVILLE), läßt sich für die Katze anhand eigener Untersuchungen ebensowenig bestätigen wie durch diverse Veröffent-

lichungen anderer Untersucher. Damit dürfte die von ABBOTT und COURVILLE postulierte Histogenese dieser Tumoren aus dem "leptomeningealen Bindegewebe" jedenfalls für die Katze nicht zutreffend sein. Die häufigen übergangszelligen Meningome der Tela chorioidea des III. Ventrikels bei der Katze sprechen dagegen vielmehr für eine Beteiligung jener Gewebselemente, die auch andernorts den Ausgangspunkt für Hirnhauttumoren darstellen. Derartige Vermutungen finden in der elektronenmikroskopischen Untersuchung der Tela chorioidea der Katze durch DERMIETZEL Unterstützung, der, ähnlich wie bei den arachnoidalen Zotten und Granulationen, die Arachnoidea und das Neurothel am Aufbau der Tela chorioidea mitbeteiligt sieht. Ein Interzellularspalt zwischen beiden Anteilen wird hier gleichfalls von Zellkontakten (v.a. tight junctions und Desmosomen) überbrückt. Diese Beobachtungen der Neigung zur Gewebsdurchmischung könnten als Schwachpunkte interpretiert werden, an denen Zellproliferationen bis hin zu Hirnhauttumoren durchaus denkbar wären.

Neben der Gegenüberstellung von normalanatomischen Charakteristika der Meningen und Neoplasien derselben, ist der Embryogenese der Hirnhäute bisweilen ein entscheidender Stellenwert bei der Frage nach der Histogenese eingeräumt worden. Die These einer neuroektodermalen Abstammung (z.B. OBERLING; PEASE und SCHULTZ; EVANS) steht einem mesodermalen (Mehrzahl der Untersucher) und einem mesektodermalen Ursprung (DIEZEL; NAPOLITANO et al.) gegenüber. Da derartige Kontroversen die Streitfrage nach der Histogenese von Hirnhauttumoren nicht zu klären vermochten, soll hier nicht vertiefend darauf eingegangen werden. Es muß jedoch zum Ausdruck gebracht werden, daß für uns eine mesektodermale Abstammung hinsichtlich der Vielgestaltigkeit der Meningen am wahrscheinlichsten ist.

Da die histologischen Formen der Meningome gleichfalls ein breites Spektrum umfassen und die meisten Autoren von einem mesodermalen Ursprung ausgehen, werden unterschiedliche Matrixkomponenten bisweilen heftig diskutiert. So sollen die fibrösen Tumoren von Fibroblasten ihren Ausgang nehmen (MALLORY; PENFIELD, 1927; WOLMAN; GLOBUS; ABBOTT und COURVILLE), während die meningotheliomatösen Typen aus den "Meningocyten" erwachsen sollen. Das Zusammenspiel mit anderen Hirntumoren wie auch die große Vielfalt histologischer Meningombilder ließe sich dagegen auch mit einer Pluripotenz einer gemeinsamen mesenchymalen Ursprungszelle bzw. der arachnoidalen Zelle erklären. Hierfür wird u.a. die (angebliche!) Fähigkeit arachnoidaler Zellen, sich in Makrophagen und vielkernige Riesenzellen (RUSSEL und RUBINSTEIN) zu verwandeln, eine zur Sekretion befähigte Variante zu bilden (FONT und CROXATTO; KUBOTA et al.; BERARD et al.; BUDKA) sowie bei traumatischen Defekten der Hirnhäute aktiv am Regenerationsprozeß teilzunehmen (PEASE und SCHULTZ) ins Feld geführt. Wir befürworten mit der Mehrzahl der Untersucher (NAPOLITANO et al.; KEPES, 1961b und 1982; CERVOS-NAVARRO und VAZQUEZ, 1969) demgegenüber jedoch die These, daß für die Meningomentstehung primär ein einziger Zelltyp verantwortlich ist, der mit mehreren Potenzen ausgestattet ist und sich dementsprechend in morphologisch und funktionell unterschiedliche Zelltypen differenzieren kann. Die Untersuchungen an Gewebekulturen, die zu Beginn immer von meningotheliomatösen Charakter sind (KAWAMATO et al., 1979) und später fibröse Eigenschaften zeigen (COSTERO et al., 1975), unabhängig von dem verwendeten histologischen Typ, dürften diese Ansicht unterstützen.

Die Frage nach der Kollagenproduktion in Meningomen nimmt gleichfalls eine bedeutende Stellung bei der Pro-

blematik der Histogenese dieser Tumoren ein. Wie die normalanatomischen Untersuchungen zeigen konnten, ist sowohl der innere Anteil der äußeren Arachnoidea als auch die Arachnoidea des arachnoidalen Raumes ausgesprochen kollagenreich in Abwesenheit von Fibrocyten bzw. Fibroblasten, ganz im Gegensatz zu den "fibroblastenähnlichen" Zellen des Neurothels, in dessen Interzellularräumen keine Kollagenstrukturen gefunden werden konnten. Damit dürfte es als gesichert gelten, daß diesen arachnoidalen Zellen die Fähigkeit zur Kollagenproduktion zukommt. Eigene Untersuchungen bei der Katze (Kollagen in unmittelbarer Nachbarschaft mit arachnoidaler Zelle bei unscharfer Cytoplasmagrenze!) bekräftigen diese Vorstellung ebenso wie die Befunde von ANDRES (1967a) und NABESHIMA et al., die auf die Ähnlichkeit von intra- und extrazellulären Fibrillen verweisen. In den Meningomen wird die Eigenschaft der Faserbildung sowohl den Tumorzellen (KEPES, 1961b) als auch Fibroblasten zugesprochen. GUSEK sieht eine Umwandlung der Meningomzellen in Fibroblasten (wie auch in Plasmazellen, Histiocyten, Phagocyten). KEPES (1961b) begründet seine Hypothese für eine Kollagenproduktion der Meningomzellen wie folgt: 1. Die Entwicklung von Kollagen in reinen meningothelialen Zellgebieten und 2. die nachbarliche Beziehung zwischen Tumorzelle und Kollagen bei unscharfer Zellmembran (s.a. GONATAS und BESEN, 1963). Geht man von einer Potenz der Tumorzellen zur Kollagenproduktion aus, so hält sowohl die äußere Arachnoidea (mit ihrem inneren Anteil) als auch die Arachnoidea des arachnoidalen Raumes einem Vergleich mit den Meningomzellen stand.

Die elektronenmikroskopischen Untersuchungen von CERVOS-NAVARRO und VAZQUEZ (1969) an fibrösen Meningomen lassen, ähnlich den Befunden von KLIKA, THOMAS, LOPES und

MAIR (1974b) sowie eigenen Befunden an normalen Hirnhäuten, mit dem Auftreten sogenannter dunkler Zellen eine weitere Strukturverwandtschaft von Arachnoidea und Hirnhauttumoren erkennen. Die landläufige Meinung, derartige elektronendichte Zellelemente seien für die Kollagenproduktion verantwortlich, wird von CERVOS-NAVARRO und VAZQUEZ (1969) durch die Tatsache widerlegt, daß in der Umgebung von Kollagenansammlungen vorwiegend helle Zellen anzutreffen sind und einem fibrösen Meningom dunkle Zellen völlig fehlen.

Wirbelbildung und Psammomkörperentstehung sind ebenfalls interessante Phänomene, die sowohl in den normalen Hirnhäuten als auch in Meningomen auftreten und damit von histogenetischer Bedeutung sind. Der Beginn eines "whorling pattern" wird von KEPES (1961b) und NAPOLITANO et al. in einer konzentrischen Formation von Cytofilamenten gesehen. Von uns konnten konzentrisch angeordnete Kollagenstrukturen, die von keinerlei Zellelementen umgeben waren, in einem Meningom und in einer Pacchionischen Granulation beobachtet werden. Die Tendenz zur Wirbelbildung konnte auch von LIWNICZ (1982) an Meningomzellinien in vitro nach dem Zusatz von wachstumsstimulierenden Stoffen (Phytohaemagglutinin, Concanavalin A) gezeigt werden. Sie beginnt möglicherweise mit den Cytofilamenten, kann sich jedoch bis hin zu ausgeprägten Formen der meningotheliomatösen und übergangszelligen Meningome entwickeln und scheint eine Eigentümlichkeit der arachnoidalen Zelle zu sein.

Die Theorien der Psammomkörperentstehung (Psammom: [psammos = Sand] konzentrisch geschichtete Kalkkugel; psammomartige Verkalkung: solide kugelähnliche Kalkkörper) umfassen ein breites Spektrum, wie die sechs von ESSBACH differenzierten Varianten aufzeigen:

1. Verkalkung um eine zentrale Tumorzelle, kollagene Fasern, ein Kalkkörnchen oder ein Gefäß
2. runde, fibröse Körper als Ausgangsmatrix
3. perivaskuläre Kollagenkörper, die von der Gefäßwand ihren Ursprung nehmen
4. obliterierte Gefäße, die sich zu Psammomen transformieren
5. Hyalinisierung und Calcification von fibrösen Septen
6. Verkalkung nekrotischer Tumorbezirke.

Mit den vorliegenden Untersuchungen konnte bei felinen Spontanmeningomen ebenfalls eine Vielgestaltigkeit der Verkalkungen dargestellt werden, die bis auf die zweite Variante (s. Abb. 5 und 6: konzentrische fibröse Körperchen ohne jegliche Anzeichen einer Verkalkung) alle eben genannten Typen beinhalten. Allgemein wird der kollagenen Komponente eine entscheidende Rolle bei der Psammomkörpergenese zugesprochen. So sehen BENNINGTON et al. (1970) und RIZZOLI et al. (1978) in ihr eine elementare Matrix für die Ablagerung von Calcium-Apatiten. Die ersteren konnten darüber hinaus bei einigen Psammomen eine periphere phosphorhaltige, aber calciumfreie Zone ermitteln, wohingegen Calcium nur in Verbindung mit Phosphor angetroffen wurde. Sie halten daher eine Ionenbindung von Phosphat an eine kollagene Matrix für das initiale Moment bei der Psammomkörperentstehung. FAGERLAND und GREVE (1980) konnten dagegen kein Kollagen in ihren "unusual psammoma bodies" feststellen und postulierten mehrere Psammomtypen. Für LIPPERS et al. (1979) fungieren osmiophile Matrix-Vesikel, die denen anderer Verkalkungsvorgänge in den verschiedenen Körperregionen ähneln sollen, als "Instrumente" bei der Psammomkörperentstehung in der Gewebe-

kultur. Nach NYSTRÖM (1962) sollen mit Flüssigkeit gefüllte Interzellularräume eine gewichtige Rolle bei der Genese dieser konzentrischen Kalkkörper spielen. Die Anwendung histochemischer Methoden konnte zeigen, daß die alkalische Phosphatase an der Psammomkörperentstehung in hohem Maße beteiligt ist (TAKAHARA et al., 1982; NASU, 1964). Die immer im Wirbelzentrum beginnende Ablagerung von Calciumsalzen geht häufig mit Kerndegenerationen in diesem Bereich einher. Die mitunter massiven psammomatösen Verkalkungen von Meningomen (s. Abb. 5) dürften damit vorwiegend aus zellulären Wirbeln, unter Beteiligung von Kollagen, entstanden sein. Hierfür spricht, daß derartige Psammome peripher immer von mindestens einer Zellschicht umgeben werden.

Bei den untersuchten felinen Spontanmeningomen ließen sich folgende Besonderheiten erkennen: Sie wiesen eine auffällige Häufung von übergangszelligen Typen (11 Fälle; s. a. Abb. 7 und 8) im Gegensatz zu vorwiegend meningotheliomatösen (2 Fälle) und fibrösen (2 Fälle) Hirnhauttumoren auf. Allerdings konnten auch bei den Katzen oftmals verschiedene histologische Muster in einem Tumor beobachtet werden. Das vielfältige Bild der Verkalkungen beinhaltete neben den psammomatösen Apatit-Ablagerungen häufig auch unregelmäßige schollige Niederschläge und stabförmige Calcifizierungen. Elektronenmikroskopisch erwecken die aus feinen nadelähnlichen Kristallen bestehenden Kalkablagerungen mitunter den Eindruck einer intrazellulären Lokalisation (s. Abb. 10), was gleichermaßen von KEPES (1982) beim Menschen erwähnt wurde. Neben den tumorösen Verkalkungen kamen auch solche (vorwiegend psammomatöse Formen) ohne erkennbare Zellproliferation zur Beobachtung (z.B. in der Tela chorioidea, Falxbereich, subdural und in Gefäßwänden, besonders in der Tiefe der Falx cerebri). Sie könnten

gleichfalls auf eine besondere Neigung dieser Spezies zu derartigen regressiven Veränderungen hindeuten. Weitere Besonderheiten des Katzenmeningoms, wie das gehäufte Auftreten in der Tela chorioidea (7x), der Falx cerebri (10x) und der Großhirn-Convexität (4x) sowie zahlreiche Fälle mit multiplen Meningomen (8x) konnten anhand unserer Untersuchungen bestätigt werden. Das Alter der mit Hirnhauttumoren behafteten Katzen reichte von 6-22 Jahren und das Geschlechtsverhältnis war ein nahezu ausgeglichenes (acht männliche und sieben weibliche Tiere). Die sekundären Veränderungen benachbarter Gewebe (Knochen und ZNS) lassen sich durchaus mit den Verhältnissen beim Menschen vergleichen (s. Abb. 7: osteolytische Knochenveränderung).

Insgesamt gesehen muß der äußeren Arachnoidea infolge struktureller und funktioneller Eigenschaften als wahrscheinliche primäre Matrixkomponente für die Meningomentstehung eine besondere Stellung eingeräumt werden. Eine Beteiligung des Neurothels, ähnlich den spezifischen Befunden in den arachnoidalen Zotten und Pacchionischen Granulationen sowie der Tela chorioidea, wäre zwar grundsätzlich denkbar, ist jedoch wohl von sekundärer Bedeutung. Die arachnoidalen Zotten und Granulationen müssen als mögliche Ausgangspunkte besonders berücksichtigt bleiben, zumal ihre morphologische Verwandtschaft eine offensichtliche ist. Dennoch verkörpern sie zunächst, ähnlich der Tela chorioidea, lediglich meningeale Spezialeinrichtungen, die aus Elementen der Meningen (Arachnoidea und Neurothel) durch Zellproliferation entstehen, gelegentlich aber regressive Veränderungen erfahren können. Da die Tendenz zur Proliferation, Wirbelbildung und Verkalkung offensichtlich ein Charakteristikum der Arachnoidea schlechthin darstellt, kann nicht begründet werden, daß die Meningome nur aus den arachnoidalen Zotten und Granulationen hervorgehen sollen.

13. Zusammenfassung

Der Frage nach der Histogenese von Meningomen bei der Katze ist durch folgende Untersuchungen nachgegangen worden:

1. Darstellung der Schichtengliederung der Katzenmeninx
2. Lichtmikroskopische und elektronenmikroskopische Befunderhebung an felinen Spontanmeningomen und arachnoidalen Zotten bzw. Pacchionischen Granulationen.

Zu 1.:

Die normalanatomischen Verhältnisse an der Katzenmeninx zeigen ein vielschichtiges, heftig interdigitierendes, kollagenfreies Neurothel, in dessen Bereich stets die präparatorisch bedingte, d.h. artefizielle Abrißstelle zwischen Pachymeninx und Hirn mitsamt übrigen Meningen liegt. Ein sogenannter Subduralraum ist nicht nachweisbar. Ein unterschiedlich weiter Interzellularspalt, der durch einzelne Zellkontakte (Desmosomen) zwischen Pachy- und Leptomeninx überbrückt wird, stellt die eigentliche Grenze zwischen beiden Meninxanteilen dar.

Die äußere Arachnoidea imponiert in ihrem äußeren Bestandteil durch ausgeprägte Interdigitationen (ebenso wie ihr innerer Abschnitt), zahlreiche Zellkontakte (tight junctions, gap junctions, Desmosomen und Hemidesmosomen) und das Fehlen von Kollagen. Eine Basalmembran markiert die Grenze zwischen peripherem und innerem (kollagenreichen) Anteil. Die Arachnoidea des arachnoidalen Raumes kleidet diesen völlig aus und ruht bisweilen auf einer diskontinuierlichen Basalmembran. Die Pia mater läßt sich nicht mit Sicherheit in eine äußere und eine innere Pia differenzieren.

Zu 2.:

Die untersuchten Katzenmeningome lassen sich dem meningotheliomatösen, dem übergangszelligen und dem fibrösen Typ zuordnen. Die Übergangszellmeningome stellen dabei mit elf Fällen die größte Gruppe dar. Kalkreichtum (psammomatös, schollig und nadelähnlich) sowie Wirbelformationen werden sowohl bei den Hirnhauttumoren als auch bei den arachnoidalen Zotten bzw. Pacchionischen Granulationen häufig beobachtet. Mitunter bestehen auch intrazelluläre Verkalkungen. Die Tela chorioidea ist in sieben Fällen Sitz von Meningomen. Es liegt ein nahezu ausgeglichenes Geschlechtsverhältnis (sieben weibliche und acht männliche Tiere) vor. Die Feinstruktur von arachnoidalen Zotten bzw. Pacchionischen Granulationen und Meningomen (v.a. solche mit psammomatösen Verkalkungen) stimmt weitgehend überein.

Insgesamt wird die äußere Arachnoidea als primärer Ausgangspunkt für Meningome bei der Katze angesehen. Eine sekundäre Beteiligung des Neurothels ist nicht auszuschließen.

SUMMARY: HISTOGENETICAL STUDY IN FELINE MENINGIOMAS

The study of histogenesis of feline meningiomas was based upon the following investigations:

1) Analysis and description of the meningeal sheet-arrangements in the domestic cat
2) Light- and electronmicroscopic evaluation of the feline spontaneous meningiomas, arachnoid villi, and Pacchionian granulations, respectively

ad 1.:

The normal anatomical structure of the feline meninx is mainly characterized by a multilayered violent interdigitating neurothelium without collagen. This neurothelium represents the stratum where regularly an artefacial rupture during dissection occurs, i.e. disjoining of pachy- and leptomeninx. A so-called "subdural space" does not exist and the real border-line between pachy- and leptomeninx is an intercellular gap of different width, bridged by several junctions (desmosomes).

In its peripheral component the outer arachnoid layer is characterized by striking interdigitations (like the inner component), many junctional complexes (tight junctions, gap junctions, desmosomes and hemidesmosomes) and the absence of collagen. A basement membrane marks the border between the peripheral and the inner component. The arachnoid layer of the arachnoid space covers it completely and posesses discontinuous basement membranes. It is not possible to differentiate exactly an outer and an inner pial layer.

ad 2.:

The investigated meningiomas of cats belong to the meningotheliomatous, transitional and fibrous type. However, the transitional meningiomas represent with eleven cases the most prominent group. High degrees of calcifications (psammomatous, scattered and needle-like) and whorl formation are often to be observed in the feline meningeal tumors as well as in arachnoid villi and Pacchionian granulations. Sometimes the calcifications are located intracytoplasmatically. In seven cases the Tela chorioidea of the third ventricle is the primary seat of meningiomas. The sex-ratio is nearly balanced (eight male and seven female animals). The morphological characteristics of arachnoid villi/Pacchionian granulations (especially those with psammomatous calcification) and meningiomas show partly striking similarities.

Altogether the outer arachnoid layer is to be held the primary matrix for feline meningiomas. A secondary participitation of the neurothelium, however, cannot be excluded.

14. LITERATURVERZEICHNIS

1 ABADÍA-FENOLL, F.: Structure of the leptomeninx and cerebral vessels of the cat. I. The leptomeninx and its vessels.
Angiology 20, 460-482 (1969)

2 ABBOTT, K.H. and C.B. COURVILLE: Intraventricular meningiomas.
Los Angeles neurol. Soc. 7, 12-28 (1942)

3 ACKERKNECHT, E.: Das Nervensystem. In: ELLENBERGER-BAUM, Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere, 18. Aufl., Springer Verlag, Berlin 1943

4 ALKSNE, J.F.: An electron microscope study of the arachnoid villi of the dog.
J. Cell Biol. 19, 3A (1963)

5 ALLEN, D.J. and F.N. LOW: Scanning electron microscopy of the subarachnoid space in the dog. III. Cranial levels.
J. Comp. Neur. 161, 515-540 (1975)

6 ANDERSON, D.R.: Ultrastructure of meningeal sheaths.
Arch. Ophtal. 82, 659-674 (1969)

7 ANDRES, K.H.: Die Feinstruktur des subduralen Neurothels der Katze (Felis catus L.).
Naturwissenschaften 53, 204-205 (1966a)

8 ANDRES, K.H.: Über die Feinstruktur der Hüllen des Nervensystems der Katze (Felis catus L.).
Verh. Anat. Ges. Basel, Anat. Anz. Erg.-Heft 120, 483-487 (1966b)

9 ANDRES, K.H.: Über die Feinstruktur der Arachnoidea und Dura mater von Mammalia.
Zschr. f. Zellforsch. 79, 272-295 (1967a)

10 ANDRES, K.H.: Zur Feinstruktur der Arachnoidalzotten bei Mammalia.
Zschr. f. Zellforsch. 82, 92-109 (1967b)

11 BAILEY, P. and P.C. BUCY: The origin and nature of meningeal tumors.
Am. J. Cancer 15, 15-54 (1931)

12 BELLUR, S.N., V. CHANDRA and L.W. McDONALD: Arachnoidal cell hyperplasia. Its relationship to aging and chronic renal failure.
Arch. Pathol. Lab. Med. 104, 414-416 (1980)

13 BENNINGTON, J.L., J.V. SMITH and D. LAGUNOFF: Calcification in psammoma bodies of the human meningioma.
Lab. Invest. 22, 241-244 (1970)

14 BERARD, M., M.-F. TRIPIER, R. CHOUX, M.-A. CHRESTIAN et J. HASSOUN: Etude ultrastructurale des corps hyalins d'un méningiome pseudo-epithélial.
Acta Neuropathol. 42, 59-62 (1978)

15 BÖHME, G.: Lichtmikroskopische Untersuchungen über die Struktur der Leptomeninx encephali bei Gallus domesticus.
Z. Anat. Entwickl.-Gesch. 140, 215-230 (1973)

16 BOLDREY, E.: The meningiomas. In: J. MINCKLER, Pathology of the nervous system, vol. 2, McGraw-Hill Book Company, New York 1971

17 BUCHER, O.: Cytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen. 10. Aufl., H. Huber Verlag, Bern - Stuttgart - Wien 1980

18 BUDKA, H.: Hyaline inclusions (pseudopsammoma bodies) in meningiomas: Immunocytochemical demonstration of epithel-like secretion of secretory component and immunoglobulins A and M.
Acta Neuropathol. 56, 294-298 (1982)

19 CERVOS-NAVARRO, J.: Zur Feinstruktur endotheliomatöser Meningeome des Menschen.
Acta Neuropathol. 8, 141-148 (1967)

20 CERVOS-NAVARRO, J. und J. VAZQUEZ: Elektronenmikroskopische Untersuchungen über das Vorkommen von Cilien in Meningeomen.
Virchows Arch. path. Anat. 341, 280-290 (1966)

21 CERVOS-NAVARRO, J. and J.J. VAZQUEZ: An electron microscopic study of meningiomas.
Acta Neuropathol. 13, 301-323 (1969)

22 CLARA, M.: Das Nervensystem des Menschen. Ein Lehrbuch für Studierende und Aerzte. J.A. Barth Verlag, Leipzig 1953

23 CLOYD, M.W. and F.N. LOW: Scanning electron microscopy of the subarachnoid space in the dog. I. Spinal cord levels.
J. Comp. Neur. 153, 325-368 (1974)

24 COOPER, E.R.A.: Arachnoid granulations in man.
Acta anat. 34, 187-200 (1958)

25 COOPER, E.R.A. and I. HOWARTH: Some pathological changes in the cat brain.
J. Comp. Path. 66, 35-38 (1956)

26 COPELAND, D.D., S.W. BELL and J.D. SHELBURNE: Hemidesmosome-like intercellular specializations in human meningiomas.
Cancer 41, 2241-2249 (1978)

27 COSTERO, I., C.M. POMERAT, I.J. JACKSON, R. BARROSO-MOGUEL and A.Z. CHEVEZ: Tumors of human nervous system in tissue culture. I. The cultivation and cytology of meningioma cells.
J. Nat. Cancer Inst. 15, 1319-1339 (1955)

28 COURVILLE, C.B.: Pathology of the central nervous system. 3rd ed., Mountain View, California Pacific Press Publishing Association 1950

29 CUSHING, H.: The meningiomas (dural endotheliomas): Their source and favoured seats of origin.
Brain 45, 282-316 (1922)

30 CUSHING, H.: Intrakranielle Tumoren. Springer Verlag, Berlin 1935

31 CUSHING, H. and L. EISENHARDT: Meningiomas: Their classification, regional behaviour, life history and surgical end results. 2nd ed., part 1, Hafner, New York 1962

32 DAHME, E.: Meningome bei Fleischfressern.
Berl. Münch. tierärztl. Wochenschr. 70, 32-34 (1957)

33 DAHME, E.: Nervensystem. In: DAHME-WEISS, Grundriß der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere. 3. Aufl., F. Enke Verlag, Stuttgart 1983

34 DASTUR, D.K. (1967): zit. nach ZIMMERMAN, H.M.: Introduction to tumors of the central nervous system. In: J. MINCKLER, Pathology of the nervous system, vol. 2, McGraw-Hill Book Company, New York 1971

35 DELAHUNTA, A.: Veterinary neuroanatomy and clinical neurology. W.B. Saunders Company, Philadelphia - London - Toronto 1977

36 DERMIETZEL, R.: Junctions in the central nervous system of the cat. V. The junctional complex of the pia-arachnoid membrane.
Cell Tiss. Res. 164, 309-329 (1975)

37 DEURS, B. van: Cell junctions in the endothelia and connective tissue of the rat choroid plexus.
Anat. Rec. 195, 73-94 (1979)

38 DIEZEL, P.B.: Die Geschwülste der Hirnhäute. Ein Beitrag zur formalen Genese der Meningeome.
Virchows Archiv 325, 441-454 (1954)

39 ESSBACH, H.: Die Meningiome. Vom Standpunkt der organoiden Geschwulstbetrachtung.
Erg. Path. 37, 185 (1943)

40 EVANS, R.W.: Histological appearances of tumours with a consideration of their histogenesis and certain aspects of their clinical features and behaviour, E. & L. Livingstone LTD, Edinburgh and London 1968

41 FAGERLAND, J.A. and J.H. GREVE: Unusual psammoma bodies in an extracranial syncytial meningioma from a dog. A light and electron microscopic study.
Vet. Pathol. 17, 45-52 (1980)

42 FANKHAUSER, R.: Untersuchungen über die arachnoidalen Zotten und Granulationen bei Tieren.
Schweiz. Arch. Tierheilk. 104, 13-14 (1962a)

43 FANKHAUSER, R.: Über Pacchionische Granulationen beim Tier.
Acta Neuropathol., Suppl. I, 90-93 (1962b)

44 FANKHAUSER, R.: Tumoren des Zentralnervensystems beim Tier.
Bull. Schweiz. Akad. Med. Wiss. 24, 168-184 (1968)

45 FANKHAUSER, R. und H. LUGINBÜHL: Zentrales Nervensystem. In: E. JOEST, Hdb. d. spez. Path. Anatomie d. Hst., Bd. III, P. Parey Verlag, Berlin - Hamburg 1968

46 FANKHAUSER, R. und M. VANDEVELDE: Zur Klinik der Tumoren des Nervensystems bei Hund und Katze.
Schweiz. Arch. Tierheilk. 123, 553-571 (1981)

47 FANKHAUSER, R., H. LUGINBÜHL and J.T. McGRATH: V. Tumours of the nervous system. Bull. Wld. Hlth. Org. 50, 53-69 (1974)

48 FEIGIN, I.: Mixed mesenchymal tumors: Meningioma and nerve sheath tumor. J. Neuropathol. & Exp. Neurol. 37, 459-470 (1978)

49 FERNER, H.: Untersuchungen über die "zelligen Knötchen" ("Epithelgranulationen") und die Kalkkugeln in den Hirnhäuten des Menschen. Z. mikr. anat. Forsch. 48, 592-606 (1940)

50 FIEDLER, H.-H. und W. DROMMER: Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen an der Membrana limitans gliae superficialis und der Leptomeninx im Rückenmark des Schweines. Zbl. Vet. Med. C. Anat. Hist. Embryol. 5, 206-223 (1976)

51 FONT, R.L. and J.O. CROXATTO: Intracellular inclusions in meningothelial meningioma. A histochemical and ultrastructural study. J. Neuropathol. & Exp. Neurol. 39, 575-583 (1980)

52 GLOBUS, J.H.: Meningiomas: Their origin, divergence in structure and relationship of contigous tissues in the light of phylogenesis of the meninges, with suggestions of a simplified classification of meningeal neoplasms. Arch. Neurol. & Psychiat. 38, 667-712 (1937)

53 GOMEZ, D.G. and D.G. POTTS: The surface characteristics of arachnoid granulations. A scanning electron microscopical study. Arch. Neurol. 31, 88-93 (1974)

54 GOMEZ, D.G., D.G. POTTS and V. DEONARINE: Arachnoid granulations of the sheep. Structural and ultrastructural changes with varying pressure differences. Arch. Neurol. 30, 169-175 (1974)

55 GOMEZ, D.G., A.T. DiBENEDETTO, A.M. PAVESE, A. FIRPO, D.B. HERSHAN and D.G. POTTS: Development of arachnoid villi and granulations in man. Acta anat. 111, 247-258 (1981)

56 GONATAS, N.K. and M. BESEN: An electron microscopic study of three human psammomatous meningiomas. J. Neuropathol. & Exp. Neurol. 22, 263-273 (1963)

57 GRAU, H.: IX. Das Nervensystem. In: KRÖLLING-GRAU, Lehrbuch der Histologie und vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Haustiere. 10. Aufl., P. Parey Verlag, Berlin - Hamburg 1960

58 GUSEK, W.: Submikroskopische Untersuchungen als Beitrag zur Struktur und Onkologie der "Meningiome". Beitr. path. Anat. 127, 274-326 (1962)

59 HASKINS, M.E. and J.T. McGRATH: Meningiomas in young cats with mucopolysaccharidosis I. J. Neuropathol. & Exp. Neurol. 42, 664-670 (1983)

60 HAYES, K.C. and B. SCHIEFER: Primary tumors in the CNS of carnivores. Path. vet. 6, 94-116 (1969)

61 HAYES, H.M., W.A. PRIESTER AND T.W. PENDERGRASS: Occurrence of nervous-tissue tumors in cattle, horses, cats and dogs. Int. J. Cancer 15, 39-47 (1975)

62 HENSCHEN, F.: Tumoren des Zentralnervensystems und seiner Hüllen. In: Handb. d. spez. patholog. Anatomie und Histologie, Bd. 13, Teil III, Springer Verlag, Berlin - Göttingen - Heidelberg

63 HOERLEIN, B.F.: Canine neurology. Diagnosis and treatment. 3rd. ed., W.B. Saunders Company, Philadelphia - London - Toronto 1978

64 HOWARTH, F. and E.R.A. COOPER: The fate of certain foreign colloids and crystalloids after subarachnoid injection. Acta anat. 25, 112-140 (1955)

65 HUMEAU, C., P. VIC, P. SENTEIN and B. VLAHOVITCH: The fine structure of meningiomas: An attempted classification. Virchows Arch. A Path. Anat. and Histol. 382, 201-216 (1979)

66 IIDA, T.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen am Oberflächlichen Anteil des Gehirns bei Hund und Katze. Arch. histol. jap. 27, 267-285 (1966)

67 INNES, J.R.M. and L.Z. SAUNDERS: Comparative neuropathology. Academic Press, New York and London 1962

68 ISHIDA, Y., S. KAWAI, S. SATO and T. TAKAYANAGI: Electron microscopy of meningothelial meningioma. Gunma J. Med. Sci. 13, 181-197 (1964)

69 ITO, T. (1958): zit. nach ZIMMERMAN, H.M.: Introduction to tumors of the central nervous system. In: J. MINCKLER, Pathology of the nervous system, vol. 2, McGraw-Hill Book Company, New York 1971

70 JONES, B.R.: Spinal meningioma in a cat. Aust. Vet. J. 50, 229-231 (1974)

71 JUBB, K.V.F. and KENNEDY, P.C.: Pathology of domestic animals, vol. 2, Academic Press, New York and London 1963

72 KAWAMOTO, K., F. HERZ, H. KAJIKAWA and A. HIRANO: An ultrastructural study of cultured human meningioma cells. Acta Neuropathol. 46, 11-15 (1979)

73 KEPES, J.J.: Observations on the formation of psammoma bodies and pseudopsammoma bodies in meningiomas. J. Neuropathol. & Exp. Neurol. 20, 255-262 (1961a)

74 KEPES, J.: Electron microscopic studies of meningiomas. Am. J. Pathol. 39, 449-510 (1961b)

75 KEPES, J.J.: The fine structure of hyaline inclusions (pseudopsammoma bodies) in meningiomas. J. Neuropathol. & Exp. Neurol. 34, 282-289 (1975)

76 KEPES, J.J.: Meningiomas: Biology, pathology, and differential diagnosis, Masson, New York 1982

77 KERNOHAN, J.W. and G.P. SAYRE: Tumors of the central nervous system. In: Atlas of tumor pathology, sect. x - fasc. 35 and 37, Armed Forces Institute of Pathology, Washington 1952

78 KEY, A. und G. RETZIUS: Studien in der Anatomie des Nervensystems. Arch. mikr. Anat. 9, 308-386 (1873)

79 KLIKA, E.: The ultrastructure of meninges in vertebrates. Acta Univ. Carol. Med. 13, 53-71 (1967)

80 KNOCHE, H.: Lehrbuch der Histologie. Cytologie, Histologie, Mikroskopische Anatomie. Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York 1979

81 KOCK, K.F. and P.S. TEGLBJÆRG: Meningiomas with a non-meningotheliomatous component. A new type of tumour?
Acta Neuropathol. 55, 199-203 (1981)

82 KRAHN, V. und I.E. RICHTER: Rasterelektronenmikroskopische Darstellung der Oberflächen des Cavum leptomeningeum.
Anat. Anz. 138, 429-437 (1975)

83 KRISCH, B., H. LEONHARDT and A. OKSCHE: The meningeal compartments of the median eminence and the cortex. A comparative analysis in the rat.
Cell Tissue Res. 228, 597-640 (1983)

84 KUBOTA, T., A. HIRANO and S. YAMAMOTO: The fine structure of hyaline inclusions in meningioma.
J. Neuropathol. & Exp. Neurol. 41, 81-86 (1982)

85 LANG, J.: Zur Vascularisation der Dura mater cerebri. I.
Z. Anat. Entwickl.-Gesch. 135, 20-34 (1971)

86 LAPRESLE, J., M.G. NETSKY and H.M. ZIMMERMAN: The pathology of meningiomas: A study of 121 cases.
Am. J. Pathol. 28, 757-791 (1952)

87 LEESTMA, J.E.: Brain Tumors.
Am. J. Pathol. 100, 243-316 (1980)

88 LEITMEIER, R.: Die Verknöcherung der Dura mater spinalis beim Hund. Weitere Überlegungen zur Pathogenese. Diss. med. vet. München 1980

89 LEONHARDT, H.: Histologie, Zytologie und Mikroanatomie des Menschen. 5. Aufl., G. Thieme Verlag, Stuttgart 1977

90 LIPPER, S., J.C. DALZELL and P.J. WATKINS: Ultrastructure of psammoma bodies of meningioma in tissue culture.
Arch. Pathol. Lab. Med. 103, 670-675 (1979)

91 LIWNICZ, B.H.: Mitogenic lectin receptors of nervous system tumors. Study of gliomas, neural crest tumors and meningiomas in vitro using phytohemagglutinin and concanavalin A.
J. Neuropathol. & Exp. Neurol. 41, 281-297 (1982)

92 LOPES, C.A.S. and W.G.P. MAIR: Ultrastructure of the outer cortex and the pia mater in man. Acta Neuropathol. 28, 79-86 (1974a)

93 LOPES, C.A.S. and W.G.P. MAIR: Ultrastructure of the arachnoid membrane in man. Acta Neuropathol. 28, 167-173 (1974b)

94 LUGINBÜHL, H.: Studies of meningiomas in cats. Am. J. Vet. Res. 22, 1030-1040 (1961)

95 LUGINBÜHL, H.: A comparative study of neoplasms of the central nervous system in animals. Acta Neurochirurg. Suppl. X, 30-42 (1964)

96 LUGINBÜHL, H., R. FANKHAUSER and J.T. McGRATH: Spontaneous neoplasms of the nervous system in animals. Progr. neurol. Surg. 2, 85-164 (1968)

97 LUSE, S.A.: Electron microscopic studies of brain tumors. Neurology 10, 881-905 (1960)

98 MALLORY, F.B.: The type of the so-called dural endothelioma. J. Med. Res. 41, 349-364 (1920)

99 MATSUMOTO, H.: Ultrastructural studies of the meninx. Acta Path. Jap. 25, 663-679 (1975)

100 MAXWELL, D.S. and D.C. PEASE: The electron microscopy of the choroid plexus. J. biophys. biochem. Cytol. 2, 467-474 (1956)

101 McGRATH, J.T.: Neurologic examination of the dog. With clinicopathologic observations. 2nd ed., Lea & Febiger, Philadelphia 1960

102 McGRATH, J.T.: Meningiomas in animals. J. Neuropathol. & Exp. Neurol. 21, 327-328 (1962)

103 McKEEVER, P.E. and N.T. BRISSIE: Scanning electron microscopy of neoplasms removed at surgery: Surface topography and comparison of meningioma, colloid cyst, ependymoma, pituitary adenoma, schwannoma and astrocytoma. J. Neuropathol. & Exp. Neurol. 36, 875-896 (1977)

104 MERCHANT, R.E. and F.N. LOW: Scanning electron microscopy of the subarachnoid space in the dog. V. Macrophages challenged by bacillus Calmette-Guerin. J. Comp. Neur. 172, 381-408 (1977)

105 MILKS, H.J. and P. OLAFSON: Primary brain tumors in small animals.
Corn. Vet. 26, 159-170 (1936)

106 MONTEAGUDO, O.G. and D.P. PURPURA: Epileptogenic effects of an auditory cortex meningioma in a cat.
Corn. Vet. 49, 374-379 (1959)

107 MOULTON, J.E.: Tumors in domestic animals. University of California Press, Berkeley and Los Angeles 1961

108 NABESHIMA, S., T.S. REESE, D.M.D. LANDIS and M.W. BRIGHTMAN: Junctions in the meninges and marginal glia.
J. Comp. Neur. 164, 127-170 (1975)

109 NAFE, L.A.: Meningiomas in cats.
J. Am. Vet. Med. Ass. 174, 1224-1227 (1979)

110 NAPOLITANO, L., R. KYLE and E.R. FISHER: Ultrastructure of meningiomas and the derivation and nature of their cellular components.
Cancer 17, 233-241 (1964)

111 NASU, H.: Fermenthistochemische Untersuchungen an Meningiomen.
Acta Neuropathol. 3, 627-637 (1964)

112 NYSTRÖM, S.: Electron microscopic studies of psammoma bodies in human supratentorial meningioma.
Naturwissenschaften 49, 186 (1962)

113 OBERLING, C.: Les tumeurs des méninges.
Bull. Assoc. franç. p. l'étude du cancer 11, 365-394 (1922)

114 PATNAIK, A.K., S.-K. LIU, A.I. HURVITZ and A.J. McCLELLAND: Nonhematopoietic neoplasms in cats.
J. Natl. Cancer Inst. 54, 855-860 (1975)

115 PAULI, B.U.: Intercellular junctions in tumor diagnosis.
Ultrastructural Pathology 5, III-IV (1983)

116 PEASE, D.C. and R.L. SCHULTZ: Electron microscopy of rat cranial meninges.
Am. J. Anat. 102, 301-321 (1958)

117 PENFIELD, W.G.: The cranial subdural space. (A method of study).
Anat. Rec. 28, 173-175 (1924)

118 PENFIELD, W.: Encapsulated tumors of nervous system: Meningeal fibroblastoma, perineural fibroblastomata and neurofibromata of von RECKLINGHAUSEN.
Surg. Gynec. Obstet. 45, 178-188 (1927)

119 PETERS, A., S.L. PALAY and H. de F. WEBSTER: The fine structure of the nervous system: The neurons and supporting cells. W.B. Saunders Company, Philadelphia - London - Toronto 1976

120 POTEL, K.: Über das Vorkommen von Meningiomen bei Mensch und Tier.
M.h. f. Vet. Med. 14, Sonderheft 1, 43-46 (1959)

121 POTTS, D.G., K.F. REILLY and V. DEONARINE: Morphology of the arachnoid villi and granulations.
Radiology 105, 333-341 (1972)

122 PROCTOR, (1955): zit. nach ZÜLCH, K.J.: Biologie und Pathologie der Hirngeschwülste. In: Handb. der Neurochirurgie, Bd. 3, Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - Wien 1956

123 RAIMONDI, A.J., S. MULLAN and J.P. EVANS: Human brain tumors: An electron-microscopic study.
J. Neurosurg. 19, 731-753 (1962)

124 RAMSEY, H.J.: Fine structure of the surface of the cerebral cortex of human brain.
J. Cell Biol. 26, 323-333 (1965)

125 RASCOL, M. et J. IZARD: Ultrastructure des granulations de Pacchioni de la méninge humaine chez l'adulte.
J. Microscopie 8, 1017-1030 (1969)

126 RASCOL, M.M. and J.Y. IZARD: The subdural neurothelium of the cranial meninges in man.
Anat. Rec. 186, 429-436 (1976)

127 RASCOL, M.M. and J.Y. IZARD: Arachnoidea and subarachnoid spaces of the vault of the skull in man.
Acta Neuropathol. 41, 41-44 (1978)

128 RENGACHARY, S.S. and I. WATANABE: Ultrastructure and pathogenesis of intracranial arachnoid cysts.
J. Neuropathol. & Exp. Neurol. 40, 61-83 (1981)

129 RIZZOLI, H.V., I.D. RANDALL and D.R. SMITH: Psammoma bodies in meningiomas. Appearance by scanning electron mircoscopy.
Virchows Arch. A Path. Anat. and Histol. 380, 317-325 (178)

130 ROBERTSON, D.M.: Electron microscopic studies of nuclear inclusions in meningiomas.
Am. J. Pathol. 45, 835-848 (1964)

131 RUBINSTEIN, L.J.: Nervous system. In: Atlas of tumor pathology, 2nd series, fasc. 6, Armed Forces Institute of Pathology, Washington 1972

132 RUSSELL, D.S. and L.J. RUBINSTEIN: Pathology of tumours of the nervous system, 4th ed., Williams & Wilkins, Baltimore 1977

133 SCHACHENMAYR, W. and R.L. FRIEDE: The origin of subdural neomembranes. I. Fine structure of the dura-arachnoid interface in man.
Am. J. Pathol. 92, 53-68 (1978)

134 SCHALTENBRAND, G.: Plexus und Meningen. In: Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen, Bd. 4, Teil 2, Springer Verlag, Berlin - Göttingen - Heidelberg 1955

135 SCHMIDT, M.: Über die Pacchionischen Granulationen und ihr Verhältnis zu den Sarcomen und Psammomen der Dura mater.
Virchows Arch. Path. Anat. 170, 429-464 (1902)

136 SEIFERLE, E.: Nervensystem. In: NICKEL - SCHUMMER - SEIFERLE, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Bd. IV, P. Parey Verlag, Berlin - Hamburg 1975

137 SEITZ, R., J. LÜHLER and G. SCHWENDEMANN: Ependyma and meninges of the spinal cord of mouse. A light- and electron-microscopic study.
Cell Tissue Res. 220, 61-72 (1981)

138 SHABO, A.L. and D.S. MAXWELL: The morphology of the arachnoid villi: A light and electron microscopic study in the monkey.
J. Neurosurg. 29, 451-463 (1968a)

139 SHABO, A.L. and D.S. MAXWELL: Electron microscopic observations on the fate of particulate matter in the cerebrospinal fluid.
J. Neurosurg. 29, 464-474 (1968b)

140 SHABO, A.L. and D.S. MAXWELL: The subarachnoid space following introduction of a foreign protein: An electron microscopic study with peroxidase.
J. Neuropathol. & Exp. Neurol. 30, 506-552 (1971)

141 SHANTHA, T.R. and J.A. EVANS: The relationship of epidural anesthesia to neural membranes and arachnoid villi.
Anesthesiology 37, 543-557 (1972)

142 SHUANGSHOTI, S., M.G. NETSKY and J.A. JANE: Neoplasms of mixed mesenchymal and neuroepithelial type. With consideration of the relationship between meningioma and neurilemmoma.
J. neurol. Sci. 14, 277-291 (1971)

143 SIPE, J.C.: Gap junctions between human meningioma cells maintained in organ culture.
Acta Neuropathol. 35, 69-76 (1976)

144 SMIT, J.D.: The lesions found at autopsy in dogs and cats with manifest clinical signs referable to the central nervous system.
J. S. Afr. vet. med. Ass. 32, 47-55 (1961)

145 SMITH, H.A., T.C. JONES and R.D. HUNT: Veterinary pathology. 4th ed., Lea & Febiger, Philadelphia 1972

146 TAKAHARA, N., F. HERZ and A. HIRANO: Alkaline phosphatase activity in cultured meningioma cells.
Acta Neuropathol. 57, 45-50 (1982)

147 TANI, E., T. AMETANI, N. HIGASHI and F. FUJIHARA: Nuclear periphery of human glioma and meningioma cells.
Acta Neuropathol. 20, 32-43 (1972)

148 TANI, E. and N. HIGASHI: Intercisternal structures of closely arranged endoplasmic reticulum in human meningioma.
Acta Neuropathol. 23, 291-299 (1973)

149 TANI, E., K. IKEDA, S. YAMAGATA, M. NISHIURA and N. HIGASHI: Specialized junctional complexes in human meningioma.
Acta Neuropathol. 28, 305-315 (1974a)

150 TANI, E., M. NISHIURA and N. HIGASHI: Freeze-fracture studies of gap junctions in human meningioma.
Acta Neuropathol. 30, 305-314 (1974b)

151 TEDESHI, F., R. BRIZZI, A. LECHI, G. TRABATTONI, C. FERRARI and F. TAGLIAVINI: Meningiomas. A light and electron microscopy study.
Acta Neuropathol., Suppl. VII, 122-125 (1981)

152 THOMAS, H.: Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen an den weichen Hirnhäuten und den PACCHIONIschen Granulationen des Menschen.
Z. mikr. anat. Forsch. 75, 271-327 (1966)

153 TRIPATHI, R.C.: Ultrastructure of the arachnoid mater in relation to outflow of cerebrospinal fluid.
Lancet 819, 8-11 (1973)

154 VIRCHOW, R.: Das Psammom.
Virchows Arch. Path. Anat. 160, 32-34 (1900)

155 WEISS, A.F., K.D. ZANG, G.D. BIRKMAYER and F. MILLER: SV 40 related Papova-viruses in human meningiomas.
Acta Neuropathol. 34, 171-174 (1976)

156 WEISS, A.F., R. PORTMANN, H. FISCHER, J. SIMON and K.D. ZANG: Simian virus 40-related antigens in three human meningiomas with defined chromosome loss.
Proc. Nat. Acad. Sci. 72, 609-613 (1975)

157 WAGGENER, J.D. and J. BEGGS: The membranous coverings of neural tissue: An electron microscopy study.
J. Neuropathol. & Exp. Neurol. 26, 412-426 (1967)

158 WEED, L.H.: The cells of the arachnoid.
Johns Hopkins Hosp. Bull. 31, 343-351 (1920)

159 WOLFF, J.: Über die Ultrastruktur der Arachnoideazellen des Kaninchens und der Ratte.
Verh. Anat. Ges. Basel, Anat. Anz. Erg.-Heft 120, 191-195 (1966)

160 WOLMAN, L.: Role of the arachnoid granulation in the development of meningioma.
Arch. Path. 53, 70-77 (1952)

161 WOLPOW, E.R. and H.H. SCHAUMBURG: Structure of the human arachnoid granulation. J. Neurosurg. 37, 724-727 (1972)

162 ZAKI, F. and A.I. HURVITZ: Spontaneous neoplasms of the central nervous system of the cat. J. small Anim. Pract. 17, 773-782 (1976)

163 ZANKL, H.: Der Karyotyp des Meningioms. G. Fischer Verlag, Stuttgart - New York 1979

164 ZIMMERMAN, H.M.: Introduction to tumors of the central nervous system. In: J. Minckler, Pathology of the nervous system, vol. 2, McGraw-Hill Book Company, New York 1971

165 ZÜLCH, K.J.: Biologie und Pathologie der Hirngeschwülste. In: Handbuch der Neurochirurgie, Bd. 3, Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - Wien 1956

166 ZÜLCH, K.J.: Histological typing of tumours of the central nervous system. Intern. histol. classific. of tumours No 21, WHO - Geneva 1979

Mein besonders herzlicher Dank gebührt Herrn Prof. Dr. E. Dahme für die Überlassung des Themas und die großzüge Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit.

Auch Frau Dr. E. Kaiser und Herrn Dr. A. Mannl möchte ich für die jederzeit gewährten, hilfreichen Ratschläge danken.

Nicht zuletzt gilt mein Dank den med.-techn. Assistentinnen und Assistenten Frau Wagner, Frau Söllner, Frau Szich und Herrn Tauscher für die technischen Hilfeleistungen, sowie Frau Lechner für die Unterstützung bei photographischen Arbeiten.

LEBENSLAUF

Name:	H a l m , Sabine
Geboren:	29.5.1955 in Bremerhaven
Eltern:	Gerhard Halm, Oberamtsrat Vera Halm, geb. Löser
Schulen:	1962-1966 Volksschule an der Oderstraße in Bremen 1966-1974 Gymnasium am Leibnizplatz in Bremen Abitur am 15.5.1974
Studium:	Sommersemester 1975: Ein Semester Landwirtschaft an der Georg-August-Universität Göttingen Wintersemester 75/76: Beginn des Studiums der Tiermedizin an der Tierärztlichen Hochschule in Hannover Tierärztliche Prüfung am 23.7.1981
Approbation:	24.8.1981
Promotionsstudium:	Beginn: November 1981. Von Juni bis Dezember 1982 und von Februar bis September 1983 Tätigkeit als wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Tierpathologie der Universität München